

AUS DER KLINIK UND POLIKLINIK FÜR KINDER- UND JUGENDPSYCHIATRIE,
PSYCHOSOMATIK UND PSYCHOTHERAPIE
DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN
DIREKTOR: PROF. DR. MED. GERD SCHULTE-KÖRNE

Ebenen der Früherkennung von Schwierigkeiten im Schriftspracherwerb

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Susanne Volkmer (Mag. rer. nat., Mag. phil.)
aus München

2019



Berichterstatter:	<u>Prof. Dr. med. Gerd Schulte-Körne</u>
Mitberichterstatter:	<u>Prof. Dr. Andrea Szelényi</u> <u>Dr. Dominic Landgraf</u>
Mitbetreuung durch die promovierte Mitarbeiterin:	<u>Dr. Katharina Galuschka</u>
Dekan:	<u>Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel</u>
Tag der mündlichen Prüfung:	12.11.2019

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG ZUR KUMULATIVEN DISSERTATION	4
ZUSAMMENFASSUNG	4
SUMMARY	5
HINTERGRUND	6
Voraussetzungen eines erfolgreichen Leseerwerbs: Lesemodelle.....	6
Risikoidentifikation auf neurophysiologischer und kognitiver Ebene	10
Förderung	11
ÜBERSICHT ZU DEN PUBLIZIERTEN FACHARTIKELN	12
Übergeordnetes Ziel und Ergebniszusammenfassung.....	12
Zusammenfassende Diskussion und Ausblick	14
STUDIENABLAUF UND DARSTELLUNG DES EIGENEN BEITRAGS	15
LITERATUR	17
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	21
 STUDIE 1: Early identification and intervention for children with initial signs of reading deficits - A blinded randomized controlled trial	 22
 STUDIE 2: Die Rolle der morphologischen Bewusstheit bei Lese- und Rechtschreibleistungen	 35
Studie 2: Anhang	47
 STUDIE3: Does the late positive component reflect successful reading acquisition? A longitudinal ERP study	 54
Studie 3: Anhang	64
 DANKSAGUNG	 67
 LEBENS LAUF	 68
 EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	 71

EINLEITUNG ZUR KUMULATIVEN DISSERTATION

ZUSAMMENFASSUNG

Bis zu 20% der Schulkinder weisen eine Lese-Rechtschreibstörung (LRS), eine isolierte Lesestörung (LS) oder eine isolierte Rechtschreibstörung (RS) auf. Wird diese früh erkannt, kann die notwendige Förderung rechtzeitig eingeleitet werden. Vorläuferfertigkeiten des Schriftspracherwerbs, wie z.B. die phonologische Bewusstheit (PB), können schon im Kindergartenalter erhoben werden, zeigen jedoch begrenzte Vorhersagekraft. Die morphologische Bewusstheit (MB) korreliert bis in höhere Schulklassen hoch mit den Schriftsprachleistungen und kann bei Kindern mit LRS wertvolle förderdiagnostische Informationen bieten. Die bisher zuverlässigste Methode, beginnende Leseschwierigkeiten zu erkennen, ist die Erhebung der Leseleistung selbst. Schon in der ersten Klasse erlaubt sie eine zuverlässige Vorhersage der Leseentwicklung bis in die Sekundarstufe. Neben diesen Methoden auf Verhaltensebene kann eine L(R)S-Risikoerkennung auf neurophysiologischer Ebene erfolgen, z.B. anhand der aus dem Elektroenzephalogramm (EEG) extrahierten ereigniskorrelierten Potentiale (EKPs).

Die vorliegende kumulative Dissertation untersucht die genannten Methoden, mit denen das Risiko einer LS auf Verhaltensebene und auf neurophysiologischer Ebene erkannt werden kann: Sie hat das Ziel, Risikoidentifikation über erste Leseleistungen und über EKPs, sowie die Rolle der MB für den Lese- und Rechtschreiberwerb zu untersuchen. Außerdem wird eine Leseförderung für Erstklässler mit LS-Risiko evaluiert.

In Studie 1 wurde untersucht, ob das Risiko für eine LS in den höheren Klassen schon Mitte der ersten Klasse anhand der Lesegeschwindigkeit identifiziert werden kann. Außerdem wurde die Wirksamkeit einer (präventiven) Gruppen-Leseförderung der identifizierten Risikokinder überprüft. Die frühe Erhebung der Lesegeschwindigkeit erlaubte eine zufriedenstellende Risikovorhersage und die Förderung der Risikokinder konnte ihre Leseleistung verbessern. Diese Ergebnisse bieten eine wichtige Grundlage für schulbasierte Programme zur Risikoidentifikation und -förderung in Deutschland.

In Studie 2 wurde die Rolle der MB beim Schriftspracherwerb untersucht. Da es bisher keine publizierten Testverfahren im deutschsprachigen Raum gibt, wurde dafür ein MB-Screening entwickelt. Die damit erhobene MB stand in der zweiten Klasse hoch mit den Lese- und Rechtschreibleistungen sowie mit der PB in Zusammenhang. Die wichtige Rolle der MB für den erfolgreichen Schriftspracherwerb sollte für die Förderung der Rechtschreibung und der Lesegeschwindigkeit verstärkt Beachtung finden.

In Studie 3 wurde der Prozess des Leseerwerbs vom Kindergartenalter bis zur zweiten Klasse verfolgt. Zusätzlich zur Erhebung der Leseleistung wurde zu fünf Messzeitpunkten ein EEG abgeleitet und die *Late Positive Component* (LPC), eine späte EKP-Komponente,

analysiert. Die LPC unterschied sich zwischen den Kindern, die bis zur zweiten Klasse eine LS entwickelten, und der Kontrollgruppe schon im Kindergarten und entwickelte sich auch während des Leseerwerbs unterschiedlich. Dies legt nahe, dass die LPC als möglicher zusätzlicher Risikomarker genutzt werden kann.

SUMMARY

Up to 20% of children are affected by combined reading and spelling disorder (RSD), isolated reading disorder (RD) or isolated spelling disorder (SD). It is crucial to identify the disorders early to enable the necessary intervention. Precursors of literacy acquisition such as phonological awareness (PA) can be assessed at pre-school age. Their predictive value, however, is limited. Morphological awareness (MA) correlates highly with reading and writing abilities until high school grades and can provide valuable diagnostic information. The best predictor of reading development is reading ability itself. As early as first grade, reading abilities are a relatively stable predictor of further reading development. In addition to these behavioural methods, early risk identification is possible at the neurophysiological level, e.g. by means of event-related potentials (ERPs) extracted from electroencephalogram (EEG).

The present thesis examines the aforementioned methods of early RD risk identification at the behavioral and neurophysiological level: It aims to examine risk identification via early reading skills and via ERPs, and to investigate the role of MA in reading and spelling skills. Furthermore, a reading intervention for first-graders at risk of RD is evaluated.

Study 1 investigated whether RD risk identification via reading speed is possible as early as mid-first grade. In addition, the effectiveness of a subsequent (preventive) reading intervention for the identified at-risk children was evaluated. Results showed that reading speed enabled early and valid risk identification. The reading intervention improved reading performance of the at-risk children. These results provide a basis for school-based early RD identification and intervention programmes.

Study 2 examined the role of MA in literacy acquisition. Since there are no published MA tests in German-speaking countries, an MA screening was developed as a first step. The MA assessed with this screening instrument correlated highly with reading and spelling skills as well as with PA in second grade. The important role of MA in literacy acquisition suggests that it should be included in spelling and reading interventions.

Study 3 followed the process of reading development from kindergarten to second grade. In addition to the assessment of reading, EEG was recorded at five time points. The *Late Positive Component* (LPC), a late ERP component, was analysed. LPC differences between children with and without later RD were found in kindergarten children and persisted until second grade. The LPC developed differently during the process of reading acquisition in the two groups. This suggests that the LPC could be an additional early risk marker of RD.

HINTERGRUND

Lese- und Rechtschreibfähigkeiten sind in unserer Gesellschaft eine grundlegende Voraussetzung für akademischen, beruflichen und auch sozialen Erfolg. Manche Schulkinder haben jedoch massive Schwierigkeiten beim Schriftspracherwerb, die nicht durch unterdurchschnittliche Intelligenz, mangelnde Beschulung oder visuelle, auditive oder neurologische Beeinträchtigung zu erklären sind (American Psychiatric Association, 2013): 6-7 % der Kinder entwickeln eine Lesestörung (LS), 7% eine Rechtschreibstörung (RS) und weitere 7-8% der Kinder zeigen in beiden Bereichen unterdurchschnittliche Leistungen (Lese-Rechtschreibstörung, LRS; Moll, Bruder, Kunze, Neuhoff, & Schulte-Körne, 2014; Moll & Landerl, 2009). Ursachen der LRS liegen in genetischen, neurobiologischen und Umweltfaktoren (Christopher et al., 2013; Richlan, Kronbichler, & Wimmer, 2013; Shaywitz & Shaywitz, 2008; van Bergen, de Jong, Maassen, & van der Leij, 2014; van Bergen, van der Leij, & de Jong, 2014).

Im deutschen Schulsystem, wie auch in vielen anderen Schulsystemen, werden Schwierigkeiten meist erst erkannt, wenn sie schon sehr ausgeprägt sind und das betroffene Kind wiederholt schulische Misserfolge erlebt hat („wait-to-fail“). Eine Lese-/Rechtschreibförderung erst dann zu beginnen zeigt geringere Effekte, als wenn noch keine gravierenden Leistungsdefizite vorhanden sind (Ehri, Nunes, Stahl, & Willows, 2001; Galuschka, Ise, Krick, & Schulte-Körne, 2014). Wiederholte Misserfolgserlebnisse wirken sich negativ auf den Selbstwert aus und können das Auftreten von Komorbiditäten, wie z.B. Verhaltensauffälligkeiten, Ängsten oder Depressionen, die bei Kindern mit LRS vermehrt auftreten, verstärken (Maughan & Carroll, 2006). Eine LRS kann also ohne rechtzeitige Förderung die schulische, berufliche und psychische Entwicklung Betroffener gefährden (Esser, Wyszkon, & Schmidt, 2002; Korhonen, Linnanmäki, & Aunio, 2014). Ein frühes Erkennen der Schwierigkeiten ist entscheidend, damit zeitnah die notwendigen Fördermaßnahmen eingeleitet werden können. Sowohl für die Identifikation eines LRS-Risikos, als auch für die anschließende Förderung ist es wichtig, den Prozess des Leseerwerbs gut zu verstehen und zu wissen, wo Schwierigkeiten auftreten können.

Voraussetzungen eines erfolgreichen Leseerwerbs: Lesemodelle

Der Leseerwerb ist ein komplexer Prozess, während dessen verschiedene Regionen des Gehirns neue Aufgaben übernehmen und Verbindungen zwischen ihnen aufgebaut werden (Schlaggar & McCandliss, 2007; Yeatman, Dougherty, Ben-Shachar, & Wandell, 2012). Zu Beginn des Schriftspracherwerbs erfordert Lesen die serielle Umsetzung der Grapheme (Buchstaben und Buchstabenkombinationen, die Laute repräsentieren) in ihre korrespondierenden Phoneme (Laute). Die Buchstaben müssen in Laute umgewandelt (Buchstabenkenntnis), die Laute aufgenommen, vorübergehend gespeichert (phonologisches

Arbeitsgedächtnis) und dann wieder nacheinander abgerufen und zu einem Wort zusammengelautet werden, dem eine Bedeutung zugeordnet wird (phonologisches Lexikon und Benennungsgeschwindigkeit). Die phonologische Bewusstheit (PB), die Fähigkeit, Phoneme in gesprochenen Wörtern zu erkennen und zu manipulieren, ist dafür eine Grundvoraussetzung. Bisher noch weniger gut untersucht, aber ebenfalls wichtig, ist die morphologische Bewusstheit (MB), die Fähigkeit, kleinere Einheiten in Wörtern, so genannte Morpheme, sowie Regeln der Wortbildung, zu erkennen.

Es gibt verschiedene Modelle, die den Prozess des Leseerwerbs zu erklären versuchen und auch auf die Voraussetzungen für einen erfolgreichen Leseerwerb eingehen. Ein sehr bekanntes Modell ist das Stufenmodell von Frith, nach dem Kinder während des Schriftspracherwerbs verschiedene Stufen durchlaufen (Frith, 1985): Auf der logographischen Stufe können Kinder schon visuelle Merkmale von Buchstaben erkennen und so bspw. Logos richtig zuordnen. In der darauffolgenden alphabetischen Phase lernen die Kinder, Graphemen die dazugehörigen Phoneme zuzuordnen und zu dekodieren. Für die alphabetische Phase ist PB eine Voraussetzung. Die wichtige Rolle der PB, und allgemein der phonologischen Verarbeitung, für den Schriftspracherwerb ist schon gut untersucht (Georgiou, Parrila, & Papadopoulos, 2008; Marx & Weber, 2006; Rvachew, 2007), wenn auch die genaue Ursache von phonologischen Defiziten noch unklar ist. Mit Beginn des Leseerwerbs nimmt der Einfluss der PB auf die Leseleistungen ab (Galuschka et al., 2014; McArthur et al., 2012). Auf der orthographischen Phase entwickelt sich dann ein Bewusstsein für wiederkehrende Schreibungen, Wortbausteine und orthographisches Regelwissen. Wortspezifische Repräsentationen werden verinnerlicht, so dass die Wörter nicht mehr Buchstabe für Buchstabe dekodiert werden müssen, sondern schnelles Ganzwortlesen möglich ist. Dies ist unter anderem durch eine gut ausgeprägte MB möglich, da diese das Bilden von lexikalischen Repräsentationen erleichtert, die wiederum zur Lesekompetenz beitragen (Reichle & Perfetti, 2003). Obwohl die wichtige Rolle der MB beim Schriftspracherwerb in den letzten Jahren wiederholt gezeigt wurde (Apel, Wilson-Fowler, Brimo, & Perrin, 2012; Deacon, Holliman, Dobson, & Harrison, 2018), ist sie im Vergleich zur PB noch wenig untersucht. Auch in der Praxis wird sie selten erhoben, obwohl ihr Einfluss auf Lese- und Rechtschreibleistungen im Laufe der Schulzeit sogar stetig wächst (Berninger, Abbott, Nagy & Carlisle, 2010).

Ein Modell des Schriftspracherwerbs, das die Morphologie explizit miteinbezieht, ist das *Dual Foundation Model* von Seymour (Duncan & Seymour, 2000; Seymour, 1997; Seymour, Aro, & Erskine, 2003; Seymour & Evans, 1999; s. Abbildung 1). Das Modell postuliert, wie auch das Modell von Frith, dass der Schriftspracherwerb phasenweise stattfindet. Grundlegende Komponenten der Lesekompetenz werden in der ersten Phase erworben, die aus zwei Prozessen besteht: Wie bei Frith ermöglicht der alphabetische Prozess systematische Graphem-Phonem-Zuordnung und sequentielles Dekodieren. Zusätzlich wird

davon ausgegangen, dass schon ein logographischer Prozess stattfindet. Dieser ist im Modell von Seymour nicht beschränkt auf präalphabetisches Erkennen von visuellen Merkmalen, sondern beschäftigt sich mit der Identifikation und Speicherung von bekannten Wörtern (Seymour bezieht sich dabei auf die Definition für „logographic“ des Shorter Oxford Dictionary: „consisting of characters or signs, each of which represents an entire word“; Seymour, 1997). Beide Prozesse sind unter anderem abhängig vom Kenntnisstand der Graphem-Phonem-Zuordnung. Für den alphabetischen Prozess ist PB eine Voraussetzung und wird gleichzeitig durch ihn gefördert. Die beiden Prozesse der ersten Phase können über das Lesen von Pseudowörtern (alphabetischer Prozess) oder über das Lesen von bekannten, häufigen Wörtern (logographischer Prozess) erhoben werden. Aufbauend auf dieser ersten Phase entwickelt sich ein orthographisches Gerüst, in dem die Komplexität des Rechtschreibsystems in einem abstrakten, generalisierbaren Format repräsentiert ist: Im Gegensatz zu den konkreten, wortspezifischen Repräsentationen im logographischen System enthält das orthographische Gerüst abstrakte Beschreibungen der Orthographie, orthographische Muster und Regelmäßigkeiten, die auch auf unbekannte Wörter angewendet werden können. Das orthographische Gerüst entwickelt sich schrittweise und nimmt neben Silben immer komplexere Strukturen, wie z.B. Konsonantengruppen und größere Einheiten wie Reime, auf. Aufbauend auf dem orthographischen Gerüst entwickelt sich die letzte Stufe des Modells, das morphographische Gerüst. Es enthält morphologisches Wissen, mit Hilfe dessen bspw. im orthographischen Gerüst gespeicherte Silben als Vorsilbe, oder Wortsegmente als Wortstamm erkannt und abgespeichert werden. Erst diese höchste Stufe des Schriftspracherwerbs ermöglicht durch explizite MB, unbekannte komplexe Wörter richtig zu schreiben (Seymour, 1997; ein Beispiel hierfür wäre im Deutschen das Wort *verteufeln*, bei dem ein Erkennen der Morpheme die richtige Schreibung ermöglicht: Vorsilbe *ver*, nicht *fer*, Wortstamm (Zuordnung zu *Teufel*) *teuf*, nicht *täuf*, Verbsuffix *eln*).

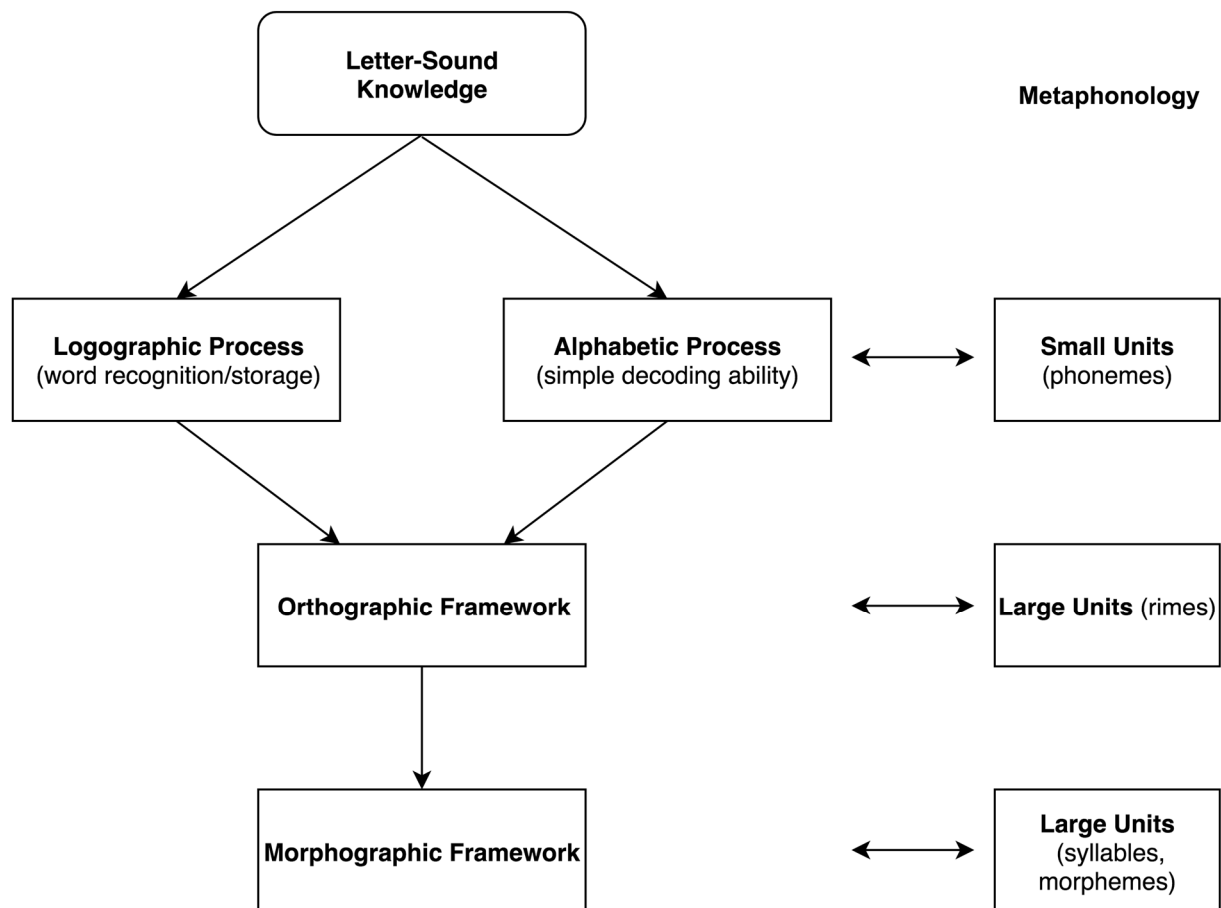


Abbildung 1: Schematische Darstellung des *Dual Foundation Model* (nach Seymour et al., 2003)

Die alphabetische Phase und die orthographische/logographische Phase, die in etwas unterschiedlicher Form im Modell von Frith und von Seymour auftauchen, haben ihre Entsprechung auch im *Dual Route Model* (Coltheart, Curtis, Atkins, & Haller, 1993; Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001), das nicht den Leseerwerb, sondern den Prozess des Lesens erklärt. Der Leseprozess kann auf zwei verschiedenen Wegen stattfinden, die abhängig von der Kenntnis eines Wortes sowie der Kompetenz des Lesers gewählt werden: Neue, unbekannte Wörter müssen Buchstabe für Buchstabe dekodiert werden (sublexikalische Route), während häufige, bekannte Wörter als Ganzes und damit weitaus schneller gelesen werden können (lexikalische Route), da sie einen Eintrag im so genannten orthographischen Lexikon haben, der abgerufen werden kann. Ungeübte oder beginnende Leser nutzen hauptsächlich die sublexikalische Route. Mit dem Grad der Automatisierung des Lesens verlagert sich der Leseprozess immer mehr auf die lexikalische Route. Die beiden Routen lassen sich auch auf neurobiologischer Ebene finden: Dem sublexikalischen Leseweg wird die dorsale Route zugeordnet, die in temporo-parietalen Gehirnregionen verläuft. Der lexikalische Leseweg läuft über die ventrale Route, die okzipito-temporale Gehirnregionen umfasst (Pugh et al., 2000; Wimmer et al., 2010).

Risikoidentifikation auf neurophysiologischer und kognitiver Ebene

Die Modelle können zur Untersuchung verschiedener Ebenen beitragen, auf denen Schwierigkeiten im Leseerwerb frühzeitig erkannt werden können. Um die Vorhersagegenauigkeit zu verbessern, ist es sinnvoll, sowohl die kognitive als auch die neurophysiologische Ebene miteinzubeziehen.

Wie zuverlässig die Risikoidentifikation auf einer Ebene, bzw. über einen Prädiktor ist, ist auch abhängig von der jeweiligen Orthographie: In Orthographien wie dem Deutschen ist die Graphem-Phonem-Zuordnung weitgehend konsistent, während im Englischen die richtige Aussprache häufig nicht durch die Graphem-Phonem-Zuordnung erschlossen werden kann.

Neurophysiologische Ebene

Neurobiologische Untersuchungen bieten zusätzliche Informationen aus einer anderen Betrachtungsperspektive zur Risikoeinschätzung. Sowohl in der dorsalen als auch in der ventralen Leseroute wurden bei Kindern und Erwachsenen mit LRS funktionelle Auffälligkeiten gefunden (Richlan et al., 2013; Shaywitz & Shaywitz, 2008). Okzipito-temporale und parieto-temporale Regionen der linken Hemisphäre zeigten Unteraktivierungen, während die entsprechenden Regionen der rechten Hemisphäre gleichzeitig eine, wahrscheinlich kompensatorische, Überaktivierung aufwiesen (Demonet, Taylor, & Chaix, 2004; Kronbichler et al., 2007; Pugh et al., 2000; Richlan, Kronbichler, & Wimmer, 2009; Shaywitz & Shaywitz, 2008).

Auf neurophysiologischer Ebene berichten Studien in den genannten Regionen von Auffälligkeiten im Elektroenzephalogramm (EEG), die sich z.B. durch verminderte Amplituden und/oder längere Latenzen verschiedener ereigniskorrelierter Potentiale (EKPs) zeigen (Schulte-Körne & Bruder, 2010). EKPs stellen die neurophysiologische Reaktion auf einen bestimmten Stimulus (z.B. ein gehörtes Wort oder eine Silbe) dar. Sie haben eine sehr hohe zeitliche Auflösung und können deshalb gut zeitabhängige Prozesse sichtbar machen, und so bspw. Auffälligkeiten in der phonologischen Verarbeitung aufzeigen. Die phonologische Verarbeitung steht auch schon vor Schriftspracherwerb mit den späteren Lese- und Rechtschreibleistungen in Zusammenhang: Bei einigen EKP-Komponenten, die mit LRS in Verbindung gebracht werden, wie z.B. der *Mismatch Negativity (MMN)*, können schon vor Schriftspracherwerb Unterschiede in der phonologischen Verarbeitung zwischen Kindern mit und ohne LRS-Risiko oder mit und ohne spätere Lese-Rechtschreibschwierigkeiten gefunden werden (van Leeuwen et al., 2006; Volkmer & Schulte-Körne, 2017). Dies bietet die Möglichkeit, bestimmte EKP-Auffälligkeiten (z.B. eine verringerte MMN) als eine Art Risikomarker zu nutzen. Hierfür ist natürlich außerdem relevant, wie sich diese Auffälligkeiten im Laufe des Schriftspracherwerbs entwickeln. Als alleinige Risikoidentifikation sind die EKPs allerdings nicht ausreichend, sondern sollten mit weiteren Prädiktoren kombiniert werden, um so die Zuverlässigkeit zu erhöhen.

Kognitive Ebene

Die zuverlässigste Methode, beginnende Leseschwierigkeiten zu erkennen, ist die Erhebung der Leseleistung selbst. Da sich Leseleistungen schon ab der ersten Klasse stabil entwickeln (Ferrer et al., 2015; Landerl & Wimmer, 2008; McGee, Prior, Williams, Smart, & Sanson, 2002), können sie schon zu diesem Zeitpunkt zur Risikoidentifikation genutzt werden, die anschließende Fördermaßnahmen ermöglicht. Auch in der S3-Leitlinie zur LRS wird ein Förderbeginn in der ersten Klasse empfohlen (Galuschka & Schulte-Körne, 2016). In konsistenten Orthographien wie dem Deutschen machen Kinder schon in der ersten Klasse nur noch wenige Lesefehler und verbessern sich in den folgenden Jahren hauptsächlich in der Lesegeschwindigkeit (de Jong & van der Leij, 2002; Landerl & Wimmer, 2008; Seymour, Aro, & Erskine, 2003; Ziegler & Goswami, 2005). Eine Risikoidentifikation über die Lesegeschwindigkeit scheint deshalb besser zwischen verschiedenen Leistungsniveaus zu trennen als über die Lesegenauigkeit (Desimoni, Scalisi, & Orsolini, 2012; Landerl & Wimmer, 2008; Serrano & Defior, 2008).

Ein für den Schriftspracherwerb, besonders für die Rechtschreibung, relevanter Faktor, der schon im Kindergarten erhoben werden kann, ist die PB. Kinder mit LRS haben häufig Defizite in PB und allgemein in phonologischer Verarbeitung (Ramus, 2003). Gemessen wird die PB mit Aufgaben zum Identifizieren, Segmentieren und Streichen einzelner Phoneme in Wörtern. Im Vergleich zur PB ist die MB noch eher wenig untersucht und wird auch in der Praxis kaum erhoben. Während das orthographische Wissen sich auf Regelwissen und die Abspeicherung von Wortbildern bezieht, beschreibt die MB die Fähigkeit, Morpheme (Wortbausteine) zu analysieren und zu manipulieren. Eine gut ausgeprägte MB unterstützt nicht nur den Rechtschreiberwerb, sondern auch den Leseerwerb (Apel et al., 2012; Reichle & Perfetti, 2003). Der Zusammenhang der MB mit Lese- und Rechtschreibleistungen nimmt sogar über die Schulzeit bis in die weiterführende Schule hinein zu (Berninger et al., 2010). Die MB wird über Aufgaben zu Derivationen (Wortableitungen, z.B. Hunger → hungrig) und Flexionen (Wortbeugungen, z.B. essen → ich esse) getestet. Sie bietet nützliche Informationen zur Einschätzung der Schriftsprachentwicklung und des Förderbedarfs und kann als zusätzlicher Risikomarker herangezogen werden. So zeigten Kinder mit LRS in mehreren Studien niedrige Leistungen in MB. Die Ergebnisse sind allerdings nicht immer konsistent; die MB wird möglicherweise auch genutzt, um Defizite in PB zu kompensieren (Bowers & Bowers, 2017; Deacon, Parrila, & Kirby, 2008).

Förderung

Die verschiedenen Ebenen der Risikoidentifikation zielen darauf ab, einen frühzeitigen Förderbeginn bei Kindern mit einem hohen Erkrankungsrisiko für eine LRS zu ermöglichen. Die Effektstärken von LRS-Förderprogrammen befinden sich meist nur im unteren oder mittleren Bereich (Ise, Engel, & Schulte-Körne, 2012). Ein Grund dafür ist, dass die Förderung

oft erst spät begonnen wird, wenn die Schwierigkeiten sich bereits verfestigt haben und die Kinder häufig schon eine Ablehnungshaltung gegenüber schriftlichem Material entwickelt haben. Eine Förderung zu einem früheren Zeitpunkt, die sich an Kinder mit noch nicht stark ausgeprägten Schwierigkeiten richtet, erzielt höhere Fördereffekte (Ehri et al., 2001; Galuschka et al., 2014). Aus diesen Gründen ist eine frühzeitige Förderung äußerst wichtig.

Eine Lese(-Rechtschreib-)förderung sollte symptomorientiert erfolgen (Galuschka & Schulte-Körne, 2016), das heißt direkt an den Schwierigkeiten ansetzen und den Kenntnisstand der Kinder miteinbeziehen. Die vorgestellten Modelle des Leseerwerbs bieten hier einen Anhaltspunkt. Zu Beginn des Schriftspracherwerbs befinden sich Kinder auf der alphabetischen Stufe (Frith, 1985) und dekodieren Wörter Buchstabe für Buchstabe über die dorsale Leseroute (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001). Auf dieser Stufe ist es wichtig, die Graphem-Phonem und Phonem-Graphem-Zuordnung zu fördern, so dass diese sicher beherrscht wird. Dies ist eine essentielle Grundlage für die Lese- und Rechtschreibentwicklung. Eine Förderung der PB ist vor allem vor dem Schriftspracherwerb sinnvoll (Galuschka et al., 2014). Eine Förderung der MB hingegen wirkt sich nicht nur im Kindergarten positiv auf spätere Lese- und Rechtschreibleistungen aus (Lyster, Lervåg, & Hulme, 2016). Auch in der Grund- und weiterführenden Schule hat eine MB-Förderung positive Effekte auf Lese- und Rechtschreibleistungen – sowohl bei Kindern mit, als auch ohne Schwierigkeiten (Bangel, Müller, & Knigge, 2015; Bowers, Kirby, & Deacon, 2010; Nagy, Carlisle, & Goodwin, 2014; Weiss, Grabner, Kargl, Purgstaller, & Fink, 2010). Aus diesem Grund ist eine Testung der MB auch aus förderdiagnostischer Sicht sinnvoll. Einige Rechtschreib-Förderprogramme enthalten bereits Teile zur Förderung der MB und des morphologischen Regelwissens. Bei der Leseförderung wird die MB jedoch noch kaum einbezogen, obwohl dies, bspw. für die Lesegeschwindigkeit, ein sehr vielversprechender Ansatz wäre.

ÜBERSICHT ZU DEN ALS GRUNDLAGE DER KUMULATIVEN DISSERTATION PUBLIZIERTEN FACHARTIKELN

Übergeordnetes Ziel und Ergebniszusammenfassung

Aufgrund der hohen Relevanz der frühen Identifikation von Leseschwierigkeiten war es Ziel der vorliegenden kumulativen Dissertation, verschiedene Methoden der Risikoidentifikation zu untersuchen: über erste Leseleistungen, über eine EKP-Komponente, sowie über den Zusammenhang mit der MB. Da im Anschluss an eine Risikoidentifikation eine Förderung essentiell ist, wurde außerdem eine frühe Leseförderung für Risikokinder in der ersten Klasse evaluiert.

Ziel von Studie 1 war es zu untersuchen, ob eine LS-Risikoidentifikation anhand der Lesegeschwindigkeit schon Mitte der ersten Klasse zuverlässig und eine anschließende Leseförderung der identifizierten Risikokinder effektiv ist. Solch ein frühes Intervenieren ist

wichtig, um dem Auftreten von Lesestörungen (LS) entgegenzuwirken. Dazu wurde die Leseleistung von 237 Erstklässlern zum Halbjahr der ersten Klasse getestet. Kinder, deren Leistung sich unter dem 30. Perzentil befand, wurden entweder der Leseförderung oder einer Kontrollbedingung zugeteilt. Die Förderung erfolgte über sechs Wochen in Kleingruppen in den Schulen (dreimal pro Woche je 20 Minuten). Die Kontrollbedingung bestand aus Koordinationsspielen. Weder die Förderlehrkräfte, noch die Kinder wussten, dass es sich um die Kontrollbedingung handelte. Die Leseförderung umfasste Übungen zur Graphem-Phonem-Zuordnung, Silbenanalyse und -synthese. Nach der Förderung wurden alle Kinder erneut getestet, um die Fördereffekte zu evaluieren. Kinder, die die Leseförderung erhielten, konnten sich in vielen Teilbereichen des Lesens signifikant verbessern. Die stärksten Effekte waren bei der Silbenanalyse zu erkennen; bei der Lesegeschwindigkeit waren keine Fördereffekte sichtbar. Dies ist allerdings nicht überraschend, da die Lesegeschwindigkeit schwer zu fördern ist und auch bei Erwachsenen mit LS noch das Hauptdefizit darstellt (Landerl & Wimmer, 2008; Thaler, Ebner, Wimmer, & Landerl, 2004). Die Risikoidentifikation anhand der Lesegeschwindigkeit Mitte der ersten Klasse sagte die Leseleistungen Ende der ersten Klasse mit einer Sensitivität von .94 und einer Spezifität von .78 voraus. Nur ein Kind erfüllte Ende der ersten Klasse die Kriterien einer LS und war nicht in die Risikogruppe eingeordnet worden (falsch negativ). Signifikant mehr Kinder aus der Kontrollgruppe als aus der Interventionsgruppe wiesen Ende der ersten Klasse eine LS auf. Die Studie zeigt, dass eine schulbasierte frühe Identifikation und Förderung schon in der ersten Klasse möglich und sinnvoll ist. Dies ist ein wichtiger Schritt in der Prävention von LS und möglicher Komorbiditäten. Eine ausführliche Darstellung und Diskussion der Ergebnisse findet sich in der ersten Veröffentlichung der vorliegenden kumulativen Diskussion.

Ziel von Studie 2 war es, die Rolle der morphologischen Bewusstheit (MB) für die Lesefähigkeit und die Rechtschreibfähigkeit im Deutschen zu untersuchen. Die Stichprobe dafür bestand aus Kindern aus Studie 1 ($N = 172$) in der zweiten Klasse. Obwohl bekannt ist, dass die MB eine wichtige Rolle beim Schriftspracherwerb spielt, ist sie im deutschsprachigen Raum wenig untersucht und es gibt keine publizierten Testverfahren dafür. Um die MB zu erheben, wurde deshalb ein MB-Screening entwickelt. Die Kinder wurden dann hinsichtlich Lesegeschwindigkeit, Leseflüssigkeit, lautierendem Lesen von Pseudowörtern und Rechtschreibleistungen sowie ihrer MB und PB getestet. Die MB korrelierte auch im Deutschen mit den erhobenen Maßen der Lesefähigkeit sowie mit der Rechtschreibfähigkeit und der PB. Die MB konnte sowohl zusätzlich zur PB, als auch alleine einen signifikanten Beitrag an Varianz der Lesegeschwindigkeit, Leseflüssigkeit und Rechtschreibleistung aufklären. Beim lautierenden Lesen von Pseudowörtern war die zusätzliche Varianzaufklärung durch die MB hingegen nicht signifikant. Außerdem war die Varianzaufklärung sowohl einer LS, als auch einer Rechtschreibstörung (RS) durch die MB alleine signifikant. Die Ergebnisse

bestätigen die wichtige Rolle der MB im Schriftspracherwerb auch im Deutschen. Besonders für die Förderung nicht nur der Rechtschreibung, sondern bspw. auch der schwer zu fördernden Lesegeschwindigkeit, ist die MB ein vielversprechender Ansatz. Denkbar wäre auch, die MB in ein vorschulisches Risikoscreening mitaufzunehmen, um so die Vorhersage zu verbessern. Eine ausführliche Darstellung und Diskussion der Ergebnisse findet sich in der zweiten Veröffentlichung der vorliegenden kumulativen Diskussion.

Ziel von Studie 3 war es, den Prozess des Leselernens auf neurophysiologischer Ebene zu untersuchen. LRS geht häufig mit einem Defizit in phonologischer Verarbeitung einher. Die Ursache davon könnte in degradierten (ungenauen oder schwachen) phonologischen Repräsentationen liegen, oder aber in einem gestörten Zugang zu eigentlich intakten Repräsentationen. Diese Fragestellung wurde anhand einer Längsschnittsstudie untersucht, bei der zusätzlich zu den Leseleistungen die neurophysiologischen Prozesse während des Leseerwerbs vom Kindergarten bis zur zweiten Klasse verfolgt wurden. Während der EEG-Messung lösten die Kinder eine explizite Wortverarbeitungsaufgabe. Anschließend wurde die *Late Positive Component* (LPC) ausgewertet. Die LPC wurde in vorherigen Studien u.a. mit phonologischer Verarbeitung in Verbindung gebracht. Bei Kindern mit LS wurden in linken temporo-parietalen Regionen verminderte Amplituden im Vergleich zu normallesenden Kindern gefunden. Die Gruppenunterschiede wurden nur in der Wort- und nicht in der Bildbedingung (die als Kontrollbedingung diente) gefunden. Es wird deshalb vermutet, dass die verringerten Amplituden der LS-Gruppe auf einen beeinträchtigten Zugang zu den phonologischen Wortrepräsentationen hindeuten. Auch die längsschnittliche Entwicklung deutet in diese Richtung: Die LPC-Amplituden der Kontrollgruppe zeigten mit Beginn des Leseerwerbs einen starken Anstieg. Mit zunehmender Automatisierung im Lesen sanken die Amplituden dann wieder immer mehr ab. Diese Entwicklung könnte einen zunehmenden Übergang vom lautierenden Lesen zum Ganzwortlesen widerspiegeln. Die Studie zeigt, dass Unterschiede in der LPC zwischen Kindern mit und ohne LS schon vor Schriftspracherwerb festgestellt werden können und sich die LPC auch anschließend unterschiedlich entwickelt. Die LPC könnte als zusätzlicher möglicher Risikomarker für eine spätere LS genutzt werden.

Zusammenfassende Diskussion und Ausblick

In der vorliegenden kumulativen Dissertation wurden verschiedene Ansätze, erste Leseschwierigkeiten zu erkennen, untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass eine schulbasierte Risikoidentifikation anhand der Lesegeschwindigkeit schon in der ersten Klasse möglich und eine anschließende Leseförderung effektiv ist. Dies eröffnet wichtige Möglichkeiten der Prävention der LS. Neben den Leseleistungen selbst sollten noch weitere Faktoren herangezogen werden, um die Risikovorhersage, und evtl. auch die Förderung, zu verbessern. Ein wichtiger Faktor, der die Schriftsprachleistungen beeinflusst, ist die MB, deren

bedeutende Rolle auch für die deutsche Sprache gezeigt werden konnte. Außerdem liegt mit der LPC ein möglicher neurophysiologischer Risikomarker vor, der schon im Kindergarten Unterschiede zwischen Kindern mit und ohne spätere LS anzeigt. Die Ergebnisse der Follow-Up-Untersuchungen für Studie 1 werden Erkenntnisse liefern, wie zuverlässig die Risikovorhersage von der ersten zur vierten Klasse ist und ob bis dahin noch Fördereffekte sichtbar sind. Zukünftige Studien mit größeren Stichproben müssen außerdem klären, ob die LPC tatsächlich als zuverlässiger Risikomarker für eine spätere LS verwendet werden kann.

Eine weitere Ebene der Risikoidentifikation, die in vorliegender Dissertation nicht untersucht wurde, ist die der Genetik. Die Vision einer zuverlässigen, umfassenden Risikoidentifikation würde schon im Kindergarten Vorläuferfertigkeiten sowie neurophysiologische und genetische Risikofaktoren erfassen. Im Schulalter würde sie dann um erste Leseleistungen und MB ergänzt werden. Die Förderung der so identifizierten Risikokinder würde die Fähigkeiten, die auf der jeweiligen Stufe des Kindes relevant sind und bei denen noch Defizite vorliegen, fördern und auch die MB miteinschließen.

STUDIENABLAUF UND DARSTELLUNG DES EIGENEN BEITRAGS

Das Forschungsprojekt „LeselinG – Lesen lernen in Gruppen“, aus dem die vorliegende Dissertation hauptsächlich hervorging, wurde vom Förderprogramm für Forschung und Lehre (FöFoLe) der medizinischen Fakultät der LMU München vom 30.01.2015 bis 30.01.2016 gefördert. Das Projekt wurde von Dr. Katharina Galuschka initiiert und geleitet. Zu Beginn meiner Promotion (Februar 2015) war das Studiendesign bereits festgelegt (s. Abbildung 2). Das positive Ethikvotum der Medizinischen Fakultät der LMU München lag vor. Meine Aufgaben während der Projektlaufzeit (und in den sich daraus ergebenden weiteren Messzeitpunkten) lagen in der Durchführung und Auswertung der Testverfahren, der Durchführung der Leseförderung sowie der statistischen Auswertung der Ergebnisse. Außerdem entwickelte ich, gemeinsam mit Dr. Katharina Galuschka, das Förderprogramm für die Leseförderung. Die Testverfahren wurden in 12 Schulklassen klassenweise durchgeführt. Bei der Durchführung wurde ich, zusammen mit Dr. Katharina Galuschka, von Studienassistentinnen unterstützt, die von mir in die Testverfahren eingearbeitet wurden. Während der Förderphase führte ich in zwei Gruppen die Leseförderung durch. Die weiteren Gruppen (Lese- und Kontrolltraining) wurden von studentischen Hilfskräften und Studienassistentinnen gefördert. Die Einstellung der studentischen Hilfskräfte lag in meinen Händen. Sowohl die studentischen Hilfskräfte als auch die Studienleiterinnen wurden in die Durchführung des Lese- und des Kontrolltrainings von mir und Dr. Katharina Galuschka eingearbeitet und supervidiert. Elterngespräche sowie die Gespräche mit den Lehrkräften wurden von mir und Frau Dr. Galuschka durchgeführt. Die statistische Datenauswertung nahm ich vor.

	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
2015		Pilotierung Leseförderung	Adaptation	Förder- phase								
		Rekrutierung, Vorbereitung	1.Tes- tung			2.Tes- tung						
					Dateneingabe			Datenanalyse				
2016		Publikation und Präsentation der Ergebnisse										
		3.Tes- tung										
				Dateneingabe		Datenanalyse						
2017		Publikation und Präsentation der Ergebnisse										

Abbildung 2: Studiendesign *LeselinG*

Für den dritten Messzeitpunkt, bei dem u.a. die morphologische Bewusstheit erhoben wurde, die Gegenstand des 2. Fachartikels ist, verfasste ich, gemeinsam mit Frau Dr. Galuschka, das Amendment. In den 12 Klassen führte ich wieder, unterstützt von Dr. Katharina Galuschka und Studienassistentinnen, die verschiedenen Testverfahren durch. Das MB-Screening wurde von mir und Frau Dr. Galuschka entwickelt. Die Itemanalyse mittels Item Response Theory sowie die statistische Auswertung der Ergebnisse wurde von mir durchgeführt.

Die Verhaltens- und die EEG-Daten des dritten Fachartikels wurden von Dr. Katharina Bublath und Dr. Jennifer Bruder erhoben. Die Auswertung der Verhaltensdaten wurde von mir, die Auswertung der EEG-Daten gemeinsam mit Dr. Christian Wachinger durchgeführt.

Die ersten beiden Fachartikel der vorliegenden kumulativen Dissertation wurden von mir verfasst und nach Rückmeldung der Koautoren überarbeitet. Ich war für den Einreich- und Reviewprozess zuständig. Der dritte Fachartikel wurde zu einem größeren Teil von Dr. Christian Wachinger verfasst. Ich verfasste den Ergebnisteil der Verhaltensdaten, Teile der Einleitung, des Methodenteils, sowie der Diskussion. Den Reviewprozess führte ich gemeinsam mit Dr. Christian Wachinger durch.

LITERATUR

- American Psychiatric Association, APA (Ed.). (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Pub.
- Apel, K., Wilson-Fowler, E. B., Brimo, D., & Perrin, N. A. (2012). Metalinguistic contributions to reading and spelling in second and third grade students. *Reading and Writing*, 25(6), 1283-1305. doi:10.1007/s11145-011-9317-8
- Bangel, M., Müller, A., & Knigge, M. (2015). Zur Entwicklung morphologischer Bewusstheit und basaler Lesefähigkeiten durch strukturbezogene Arbeit an komplexen Wörtern. Ergebnisse einer Interventionsstudie in Klasse 5. [Improving morphological awareness and lower order reading skills by means of working on the structure of complex words. Results of an intervention study in grade 5]. *Unterrichtswissenschaft*, 43(4), 354-373.
- Berninger, V. W., Abbott, R. D., Nagy, W. E. & Carlisle, J. F. (2010). Growth in phonological, orthographic, and morphological awareness in grades 1 to 6. *Journal of Psycholinguistic Research*, 39, 141–163. doi:10.1007/s10936-009-913 0-6
- Bowers, J. S., & Bowers, P. N. (2017). Beyond Phonics: The Case for Teaching Children the Logic of the English Spelling System. *Educational Psychologist*, 52(2), 124-141. doi:10.1080/00461520.2017.1288571
- Bowers, P. N., Kirby, J. R., & Deacon, S. H. (2010). The Effects of Morphological Instruction on Literacy Skills: A Systematic Review of the Literature. *Review of Educational Research*, 80(2), 144-179. doi:10.3102/0034654309359353
- Christopher, M. E., Hulslander, J., Byrne, B., Samuelsson, S., Keenan, J. M., Pennington, B., . . . Olson, R. K. (2013). The genetic and environmental etiologies of individual differences in early reading growth in Australia, the United States, and Scandinavia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(3), 453-467. doi:10.1016/j.jecp.2013.03.008
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of Reading Aloud: Dual-Route and Parallel-Distributed-Processing Approaches. *Psychological Review*, 100(4), 589-608. doi:10.1037/0033-295X.100.4.589
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204-256. doi:10.1037/0033-295X.108.1.204
- de Jong, P. F., & van der Leij, A. (2002). Effects of Phonological Abilities and Linguistic Comprehension on the Development of Reading. *Scientific Studies of Reading*, 6(1), 51-77. doi:10.1207/S1532799XSSR0601_03
- Deacon, S. H., Holliman, A. J., Dobson, G. J., & Harrison, E. C. J. (2018). Assessing direct contributions of morphological awareness and prosodic sensitivity to children's word reading and reading comprehension. *Scientific Studies of Reading*. doi:10.1080/10888438.2018.1483376
- Deacon, S. H., Parrila, R., & Kirby, J. R. (2008). A review of the evidence on morphological processing in dyslexics and poor readers: A strength or weakness. *The Sage handbook of dyslexia*, 212-237.
- Demonet, J. F., Taylor, M. J., & Chaix, Y. (2004). Developmental dyslexia. *Lancet*, 363(9419), 1451-1460. doi:10.1016/S0140-6736(04)16106-0
- Desimoni, M., Scalisi, T. G., & Orsolini, M. (2012). Predictive and concurrent relations between literacy skills in Grades 1 and 3: A longitudinal study of Italian children. *Learning and Instruction*, 22(5), 340-353. doi:10.1016/j.learninstruc.2012.02.002

- Duncan, L. G., & Seymour, P. H. K. (2000). Socio-economic differences in foundation-level literacy. *British Journal of Psychology*, 91(2), 145-166. doi:10.1348/000712600161736
- Ehri, L. C., Nunes, S. R., Stahl, S. A., & Willows, D. M. (2001). Systematic phonics instruction helps students learn to read: Evidence from the National Reading Panel's meta-analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 393-447. doi:10.3102/00346543071003393
- Esser, G., Wyschkon, A., & Schmidt, M. H. (2002). Was wird aus Achtjährigen mit einer Lese- und Rechtschreibstörung. *Zeitschrift für klinische Psychologie und Psychotherapie*, 31(4), 235-242. doi: 10.1026//1616-3443.31.4.235
- Ferrer, E., Shaywitz, B. A., Holahan, J. M., Marchione, K. E., Michaels, R., & Shaywitz, S. E. (2015). Achievement Gap in Reading Is Present as Early as First Grade and Persists through Adolescence. *The Journal of Pediatrics*, 167(5), 1121-1125.e1122. doi:10.1016/j.jpeds.2015.07.045
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. *Surface dyslexia*, 32, 301-330.
- Galuschka, K., Ise, E., Krick, K., & Schulte-Körne, G. (2014). Effectiveness of treatment approaches for children and adolescents with reading disabilities: a meta-analysis of randomized controlled trials. *PloS one*, 9(2), e89900.
- Galuschka, K., & Schulte-Körne, G. (2016). Klinische Leitlinie. Diagnostik und Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Lese- und/oder Rechtschreibstörung. *Deutsches Ärzteblatt International*, 113(16), 279-286. doi:10.3238/arztebl.2016.0279
- Georgiou, G. K., Parrila, R., & Papadopoulos, T. C. (2008). Predictors of word decoding and reading fluency across languages varying in orthographic consistency. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 566-580. doi:10.1037/0022-0663.100.3.566
- Ise E., Engel, R. R., & Schulte-Körne, G. (2012). Was hilft bei der Lese-Rechtschreibstörung? *Kindheit und Entwicklung*, 21(2), 122-136. doi:10.1026/0942-5403/a000077
- Korhonen, J., Linnanmäki, K., & Aunio, P. (2014). Learning difficulties, academic well-being and educational dropout: A person-centred approach. *Learning and Individual Differences*. doi: 10.1016/j.lindif.2013.12.011
- Kronbichler, M., Juergen, B., Hutzler, F., Staffen, W., Mair, A., Ladurner, G., & Wimmer, H. (Writers). (2007). Taxi vs. Taksi: On Orthographic Word Recognition in the Left Ventral Occipitotemporal Cortex [Article], *Journal of Cognitive Neuroscience*: MIT Press. dpo: 10.1162/jocn.2007.19.10.1584
- Landerl, K., & Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 150-161. doi:10.1037/0022-0663.100.1.150
- Lyster, S.-A. H., Lervåg, A. O., & Hulme, C. (2016). Preschool morphological training produces long-term improvements in reading comprehension. *Reading and Writing*, 29, 1269-1288. doi:10.1007/s11145-016-9636-x
- Marx, P., & Weber, J. (2006). Vorschulische Vorhersage von Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(4), 251-259. doi:10.1024/1010-0652.20.4.251
- Maughan, B., & Carroll, J. (2006). Literacy and mental disorders. *Current Opinion in Psychiatry*, 19(4), 350-354. doi:10.1097/01.yco.0000228752.79990.41
- McArthur, G., Eve, P. M., Jones, K., Banales, E., Kohnen, S., Anandakumar, T., . . . Castles, A. (2012). Phonics training for English-speaking poor readers. *Cochrane Database Syst Rev*, 12, CD009115. doi:10.1002/14651858.CD009115.pub2

- McGee, R., Prior, M., Williams, S., Smart, D., & Sanson, A. (2002). The long-term significance of teacher-rated hyperactivity and reading ability in childhood: Findings from two longitudinal studies. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43(8), 1004-1016. doi:10.1111/1469-7610.00228
- Moll, K., Bruder, J., Kunze, S., Neuhoff, N., & Schulte-Koerne, G. (2014). Specific learning disorder: prevalence and gender differences. *PloS One*, 9(7). doi:10.1371/journal.pone.0103537
- Moll, K., & Landerl, K. (2009). Double dissociation between reading and spelling deficits. *Scientific Studies of Reading*, 13(5), 359-382. doi: 10.1080/10888430903162878
- Nagy, W. E., Carlisle, J. F., & Goodwin, A. P. (2014). Morphological knowledge and literacy acquisition. *Journal of Learning Disabilities*, 47(1), 3-12. doi:10.1177/0022219413509967
- Pugh, K. R., Mencl, W. E., Jenner, A. R., Katz, L., Frost, S. J., Lee, J. R., . . . Shaywitz, B. A. (2000). Functional neuroimaging studies of reading and reading disability (developmental dyslexia). *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 6(3), 207-213. doi: 10.1002/1098-2779(2000)6:3<207::AID-MRDD8>3.0.CO;2-P
- Ramus, F. (2003). Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction? *Current Opinion in Neurobiology*, 13(2), 212-218. doi:10.1016/S0959-4388(03)00035-7
- Reichle, E. D., & Perfetti, C. A. (2003). Morphology in word identification: A word-experience model that accounts for morpheme frequency effects. *Scientific Studies of Reading*, 7(3), 219-237. doi:10.1207/S1532799XSSR0703_2
- Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2009). Functional abnormalities in the dyslexic brain: A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 30(10), 3299-3308. doi:10.1002/hbm.20752
- Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2013). Structural abnormalities in the dyslexic brain: a meta-analysis of voxel-based morphometry studies. *Human Brain Mapping*, 34(11), 3055-3065. doi:10.1002/hbm.22127
- Rvachew, S. (2007). Phonological Processing and Reading in Children with Speech Sound Disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 16(3), 260-270. doi:10.1044/1058-0360(2007/030)
- Schlaggar, B. L., & McCandliss, B. D. (2007). Development of neural systems for reading. *Annual Review of Neuroscience*, 30, 475-503. doi:10.1146/annurev.neuro.28.061604.135645
- Schulte-Körne, G., & Bruder, J. (2010). Clinical neurophysiology of visual and auditory processing in dyslexia: a review. *Clinical Neurophysiology*, 121(11), 1794-1809. doi: 10.1016/j.clinph.2010.04.028
- Serrano, F., & Defior, S. (2008). Dyslexia speed problems in a transparent orthography. *Annals of Dyslexia*, 58(1), 81-95. doi:10.1007/s11881-008-0013-6
- Seymour, P. H. K. (1997). Foundations of orthographic development. In C. A. Perfetti, L. Rieben, M. Fayol, C. A. Perfetti, L. Rieben, & M. Fayol (Eds.), *Learning to spell: Research, theory, and practice across languages*. (pp. 319-337). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Seymour, P. H. K., Aro, M., & Erskine, J. M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94(2), 143-174.

- Seymour, P. H. K., & Evans, H. M. (1999). Foundation-level dyslexia: Assessment and treatment. *Journal of Learning Disabilities*, 32(5), 394-405.
doi:10.1177/002221949903200505
- Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2008). Paying attention to reading: the neurobiology of reading and dyslexia. *Development and Psychopathology*, 20(4), 1329-1349.
doi: 10.1017/S0954579408000631
- Thaler, V., Ebner, E. M., Wimmer, H., & Landerl, K. (2004). Training reading fluency in dysfluent readers with high reading accuracy: Word specific effects but low transfer to untrained words. [Training von flüssigem Lesen bei nichtflüssigen Lesern mit hoher Lesegenauigkeit: Wortspezifische Effekte, aber geringer Transfer zu nichtgeübten Wörtern]. *Annals of Dyslexia*, 54(1), 89-113. doi:10.1007/s11881-004-0005-0
- van Bergen, E., de Jong, P. F., Maassen, B., & van der Leij, A. (2014). The Effect of Parents' Literacy Skills and Children's Preliteracy Skills on the Risk of Dyslexia. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 42(7), 1187-1200. doi:10.1007/s10802-014-9858-9
- van Bergen, E., van der Leij, A., & de Jong, P. F. (2014). The intergenerational multiple deficit model and the case of dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 346.
doi:10.3389/fnhum.2014.00346
- van Leeuwen, T., Been, P., Kuijpers, C., Zwarts, F., Maassen, B., & van der Leij, A. (2006). Mismatch response is absent in 2-month-old infants at risk for dyslexia. *NeuroReport*, 17(4), 351-355. doi: 10.1097/01.wnr.0000203624.02082.2d
- Volkmer, S., & Schulte-Körne, G. (2017). Cortical responses to tone and phoneme mismatch as a predictor of dyslexia? A systematic review. *Schizophrenia Research*.
doi:10.1016/j.schres.2017.07.010
- Weiss, S., Grabner, R. H., Kargl, R., Purgstaller, C., & Fink, A. (2010). Behavioral and neurophysiological effects of morphological awareness training on spelling and reading. [Verhaltens- und neurophysiologische Effekte eines Trainings zur morphologischen Bewusstheit auf Schreiben und Lesen]. *Reading and Writing*, 23(6), 645-671. doi:10.1007/s11145-009-9177-7
- Wimmer, H., Schurz, M., Sturm, D., Richlan, F., Klackl, J., Kronbichler, M., & Ladurner, G. (2010). A dual-route perspective on poor reading in a regular orthography: An fmri study. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 46(10), 1284-1298. doi:10.1016/j.cortex.2010.06.004
- Yeatman, J. D., Dougherty, R. F., Ben-Shachar, M., & Wandell, B. A. (2012). Development of white matter and reading skills. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(44), E3045-E3053.
doi:10.1073/pnas.1206792109
- Ziegler, J., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: a psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131(1), 3-29. doi:10.1037/0033-2909.131.1.3

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

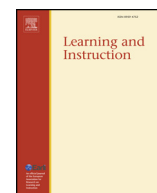
EEG	Elektroenzephalogramm
EKP	Ereigniskorreliertes Potential
LS	Lesestörung
LPC	Late Positive Component
LRS	Lese-Rechtschreibstörung
MB	Morphologische Bewusstheit
PB	Phonologische Bewusstheit
RS	Rechtschreibstörung

STUDIE 1: Early identification and intervention for children with initial signs of reading deficits - A blinded randomized controlled trial

Literaturangabe: Volkmer, S., Galuschka, K., & Schulte-Körne, G. (2019). Early identification and intervention for children with initial signs of reading deficits - A blinded randomized controlled trial. *Learning and Instruction*, 59, 1-12. doi:10.1016/j.learninstruc.2018.09.002

Angenommen am 05.09.2019

Online publiziert am 17.09.2018



Early identification and intervention for children with initial signs of reading deficits - A blinded randomized controlled trial

Susanne Volkmer*, Katharina Galuschka, Gerd Schulte-Körne

Department of Child and Adolescent Psychiatry, Psychosomatics and Psychotherapy, University Hospital, LMU Munich, Nußbaumstr. 5a, 80336 Munich, Germany



ARTICLE INFO

Keywords:

Reading disorder
Risk identification
Early intervention
School-based
Phonics training

ABSTRACT

Early identification of reading disorder (RD) can prevent a “wait-to-fail” situation and can increase the efficacy of subsequent interventions. In this study we identified children in the middle of first grade of German elementary schools who were at risk for RD and evaluated a subsequent phonics intervention. We assessed 234 children and randomly allocated those performing below the 30th percentile in a short standardized reading speed test to a six-week phonics (n = 29) or blinded motor control intervention (n = 26). Both interventions were implemented at school three times a week in small groups. Results showed that the first graders who had received the phonics instruction improved significantly in reading ability compared to the control group. Moreover, significantly more children in the control group exhibited RD than in the phonics group. This study provides the basis for developing school-based early identification and intervention programmes to remediate reading deficits and prevent RD.

1. Introduction

According to DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013), specific learning disorders are defined by difficulties in the development of academic skills which are not the result of inadequate schooling, neurological, visual, or auditory impairment. The affected abilities lie significantly below the level that is to be expected due to chronological age. Specific learning disorder with impairment in reading, or reading disorder (RD), is characterized by deficits in word reading accuracy, reading fluency and/or reading comprehension (APA, 2013). The estimated percentage of children with RD ranges from 3.9% to 7.5% (Fortes et al., 2016; Landerl & Moll, 2010; Lewis, Hitch, & Walker, 1994). As reading is very important for social and occupational life and academic achievement in our society, deficits can have far-reaching consequences: Children with RD show more school difficulties and on average achieve a lower academic qualification than non-affected peers (McGee, Prior, Williams, Smart, & Sanson, 2002). Furthermore, RD shows high levels of comorbidity with attention deficit hyperactivity disorder (especially inattentive type), conduct disorder, anxiety disorders and depressive symptoms (McGee, Williams, Share, Anderson, & Silva, 1986; Ruland, Willmes, & Günther, 2012). It is generally acknowledged that repeated experiences of school failure can precipitate, maintain and intensify these associations (Maughan &

Carroll, 2006) and that these differences appear at an early stage of literacy acquisition (Costa et al., 2013; Gooch, Hulme, Nash, & Snowling, 2014). This reinforces the need for early identification and intervention for children at risk of RD.

1.1. Early identification

Longitudinal studies have found high stability of reading development from first grade into adulthood (Ferrer et al., 2015; Klicpera, Schabmann, & Gasteiger-Klicpera, 2006; Kohn, Wyszkon, Ballaschk, Ihle, & Esser, 2013; Landerl & Wimmer, 2008; McGee et al., 2002). This means that reading deficits can affect children for their whole lives. However, it also means that early reading skills can be used to identify students at risk of RD (Compton, Fuchs, Fuchs, & Bryant, 2006).

Precursors of reading, such as rapid automatized naming (RAN, the ability to quickly name a series of items, e.g. colour patches, pictures or familiar objects), vocabulary knowledge, letter knowledge or phonological processing (the ability to perceive, store, and manipulate segments of language like phonemes and syllables) can be used for a very early risk identification in kindergarten or preschool. They show a moderate predictive value for later reading development (Ennemoser, Marx, Weber, & Schneider, 2012; Georgiou, Parrila, & Papadopoulos, 2008; Wilson & Lonigan, 2010), which is influenced by the consistency

* Corresponding author.

E-mail addresses: Susanne.Volkmer@med.uni-muenchen.de (S. Volkmer), Katharina.Galuschka@med.uni-muenchen.de (K. Galuschka), Gerd.Schulte-Koerne@med.uni-muenchen.de (G. Schulte-Körne).

<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.09.002>

Received 28 June 2017; Received in revised form 17 August 2018; Accepted 5 September 2018

Available online 17 September 2018

0959-4752/ © 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.

of the particular orthography that the child is acquiring (Landerl, Ramus, Moll, Lyytinen, Leppanen, et al., 2013; Lerner & Lonigan, 2016; Moll et al., 2014; Ziegler et al., 2010). In transparent orthographies, which have a rather consistent mapping between letter (grapheme) and sound (phoneme, e.g. German, Italian, Finnish or Spanish), the predictive value of precursor measures has been found to be lower than in non-transparent orthographies like English (Georgiou et al., 2008; Landerl et al., 2013; Mann & Wimmer, 2002; Mayer & Motsch, 2015; Ziegler et al., 2010). Furthermore, although early identification of children at risk for RD in kindergarten and subsequent training is important, these attempts must be continued once children start formal schooling.

Screening in first grade has the advantage that reading ability itself as the best predictor for later reading ability can be included (Compton et al., 2006). In transparent orthographies, the assessment of reading speed seems to provide a reliable measure to identify children at risk of RD from first grade on (Landerl & Wimmer, 2008). Children that learn to read in a transparent orthography achieve a high level of reading accuracy during first grade and mainly improve in reading speed during the following years (de Jong & van der Leij, 2002; Landerl & Wimmer, 2008; Seymour, Aro, & Erskine, 2003; Ziegler & Goswami, 2005), probably due to highly consistent grapheme-phoneme correspondences. Early individual differences in reading speed can therefore serve as a reliable predictor of later reading skills. Landerl and Wimmer (2008) followed children acquiring the German orthography for eight years and found a high predictive value and stability of word recognition speed. Desimoni, Scalisi, and Orsolini (2012) published a similar result: Reading speed of Italian first graders was the most reliable predictor of later individual differences in third grade literacy. In line with these results, Spanish dyslexic children showed a stronger deficit in reading speed than in reading accuracy (Serrano & Defior, 2008). These longitudinal studies show the high potential of measuring reading speed for early risk identification. Additionally, measures of reading speed are easy and relatively quick to administer and therefore not only enable a valid and reliable but also a practical and time-saving screening for students at risk of RD and the implementation of specific intervention before reading problems become too severe.

1.2. Early intervention

Early reading interventions targeting first-grade children with mild RD or at risk of RD have shown higher effects in improving literacy skills than interventions starting later with more severely impaired participants (Ehri, Nunes, Stahl, & Willows, 2001; Galuschka, Ise, Krick, & Schulte-Körne, 2014). The Response-to-intervention (RTI) model, which has its origins in the USA and is also applied in Finland and Canada (Björn, Aro, Koponen, Fuchs, & Fuchs, 2016; Ekstam, Linnanmäki, & Aunio, 2015; McIntosh et al., 2011; Thuneberg et al., 2013), is based on the idea of intervening before deficits in school become severe (Berkeley, Bender, Peaster, & Saunders, 2009; Fuchs, Fuchs, & Compton, 2012). The model relies on evidence-based intervention programmes (Fuchs & Fuchs, 2006) and consists of three different tiers, which are built one upon the other. Tier 1 comprises a detailed evaluation and consideration of the instructional methods and the children's learning progress in class, starting with the beginning of formal instruction in school. Children who show some form of difficulties in school, e.g. in learning to read, temporarily receive more intense instructions mostly within a small group setting (Tier 2). They only continue to Tier 3 if they are unresponsive to Tier 2. Tier 3 consists of extra-curricular, individualized instructions designed for children with learning disabilities. Following this approach, it is possible to identify struggling readers early, react with effective support and thus prevent substantive performance deficits (Torgesen, 2009; Vellutino, Scanlon, Small, & Fanuele, 2006). Frustration caused by reading performance deficits can negatively impact reading motivation while reading motivation, in turn, influences reading ability (Logan, Medford,

& Hughes, 2011; Morgan & Fuchs, 2007). Early intervention can interfere in this negative circle. One positive example is an RTI-model that has been implemented on the Canary Islands for Spanish at-risk readers from preschool to second grade. The programme showed small but significant effects on reading performance and decreased the number of at-risk children significantly (Jiménez et al., 2010). In Germany, however, like in many other European countries, established models of early screening and subsequent intervention for children with initial reading deficits are rare, mostly not evidence-based and have only been implemented in a minority of schools (Mahlau et al., 2014).

A comparative study by Ise et al. (2011) showed that support systems for poor readers are not sufficiently implemented in European school systems. Instead, deficits are identified when they have already become manifested by significant problems, because children must first demonstrate failure to receive educational support (Grosche & Volpe, 2013). Often, remedial teaching is performed by offering extra lessons, but clustering students with specific reading problems is not a common practice (Ise & Schulte-Körne, 2010). A more intense intervention in small groups or individual setting, which generally does not take place at schools, is only provided to children who meet formal diagnostic criteria and therefore qualify for services (e.g. severe reading deficits combined with emotional problems, Grosche & Volpe, 2013). Such a wait-to-fail model leads to a loss of valuable time, because reading problems become more difficult to remediate the longer a child has struggled with reading (Ehri et al., 2001). Therefore, there is a need for early, evidence-based identification and subsequent support for children at risk of RD.

In Germany, many intervention programmes for children at risk of RD focus on phonological awareness training. Phonological awareness (PA) refers to the ability to focus on and manipulate phonemes in spoken words. Interventions usually train phoneme recognition, phoneme segmentation or phoneme deletion in spoken words (National Institute of Child Health and Human Development, 2000). Research has shown that in preschool years, this can have beneficial effects on children's later reading and writing development, in the context of the home learning environment (e.g. Niklas & Schneider, 2017) or kindergarten (e.g. Schneider, Visé, Reimers & Blaesser, 1994; Schneider, Ennemoser, Roth, & Küspert, 1999), especially if PA trainings are combined with exercises that train grapheme-phoneme-correspondence skills (Schneider, Roth, & Ennemoser, 2000). However, once children start learning to read, studies report limited effects on reading performance, even more so in transparent orthographies (Mann & Wimmer, 2002; McArthur et al., 2012; Wolf, Schroeders, & Kriegbaum, 2016). The RTI model (Fuchs & Fuchs, 2006) focuses on evidence-based interventions like phonics training, which concentrates on letter-sound correspondence and syllable analysis and synthesis and has been found to be most effective for improving reading (Ehri et al., 2001; Galuschka et al., 2014). Phonics training is closely related to PA training. However, in contrast to the oral PA training, phonics training focuses on teaching grapheme-phoneme correspondences, e.g. convert letters into sounds, blend the sounds, and transform sounds into letters (National Institute of Child Health and Human Development, 2000).

Although positive effects of phonics interventions for first-grade children at risk for RD have repeatedly been shown during the last decades in English-speaking-countries, very little research has been conducted in more consistent orthographies like German. The few existing studies that have tried to prevent RD in first grade with phonics intervention in the context of a consistent orthography present promising results (Houtveen & van de Grift, 2012; Lyytinen, Erskine, Hämäläinen, Torppa, & Ronimus, 2015).

Before reading becomes faster, grapheme-phoneme correspondence rules have to be sufficiently automatized (Torgesen, 2002). According to the self-teaching hypothesis (Share, 1995), phonological decoding (letter by letter) is regarded as critical for successful reading acquisition. Repeated decoding leads to building up word-specific representations or representations for larger units (e.g. syllables).

Therefore, early reading interventions for children at risk of RD have to specifically target phonological decoding to lay the basis for successful reading development (Ehri et al., 2001). Struggling readers, who still have problems decoding words letter by letter, need special support in order to avoid their reading skills from falling more and more behind those of their classmates (Ehri et al., 2001; Vellutino et al., 2006). Thus, early supplementary phonics training might help to mitigate early deficits in grapheme-phoneme correspondence skills. By reducing such deficits, the foundation of a successful development of word reading ability can be laid (Ehri, 2005).

As attention plays an important role in reading acquisition (Dally, 2006; Sáez, Folsom, Otaiba, & Schatschneider, 2012) and attention deficits are found in children with RD with a prevalence of up to 30% (Sexton, Gelhorn, Bell, & Classi, 2012; Willcutt & Pennington, 2000; Willcutt, Pennington, Olson, & DeFries, 2007), short but highly frequent sessions are preferred (Fuchs et al., 2012). During the first years of reading instruction, session length is generally around 30 min (Scammacca et al., 2007). As sustained attention is still in the process of development in the first years of schooling (Betts, McKay, Maruff, & Anderson, 2006), a session length of 20–30 min seems to be adequate. Considering the setting of the intervention, small groups have been found to be equally effective as individual sessions (Galuschka et al., 2014; Ise, Engel, & Schulte-Körne, 2012; McArthur et al., 2012).

Given the importance of early identification and intervention for children with initial reading deficits and the success of the RTI model in English-speaking countries in reducing such deficits (Ridgeway, Price, Simpson, & Rose, 2012; Vellutino et al., 2006), it is highly relevant to implement and evaluate such a programme in more consistent orthographies, such as German.

1.3. Present study

Based on the described background the aim of the present triple-blind, randomized controlled trial was to identify struggling readers just five months after the beginning of literacy instruction by using a reading speed measure and to evaluate a subsequent phonics intervention for the identified at-risk children. The phonics intervention was implemented at school three times a week over a period of six weeks in small groups and compared to a motor control training with exactly the same setting. Previous studies have often targeted children who are either very young (where risk identification may be inaccurate and programmes are more focused on PA) or who already show pronounced reading difficulties, which may be less subject to remediation.

Building on previous research, we tried to find an optimal time point for risk identification and effective intervention. As far as we know, this is the first study in a country with a consistent orthography that involves such early risk identification via reading speed and a subsequent school-based intervention in small groups that is focused on phonics instruction.

Specifically, we addressed three research questions:

- 1) Do children in first grade at risk for RD benefit from school-based phonics intervention in small groups? We expected children of the phonics group to improve significantly more in reading than children of the control group receiving a motor training (hypothesis 1).
- 2) Is it possible to reduce the number of children with RD based on the six-week phonics intervention? We expected the number of children with RD to be reduced in the phonics intervention group compared to the control group at the end of first grade, the intervention thus fulfilling a preventive function (hypothesis 2).
- 3) Furthermore, we were interested in the question as to whether possible differences regarding behaviour and academic achievement between at-risk readers and not-at-risk readers can be detected as early as first grade (hypothesis 3).

To answer research question one, we assessed the reading

performance of the participating children before and after the intervention. For research question two, we evaluated how many at-risk children in the intervention and control group were classified as having RD after the intervention. To evaluate possible differences between at-risk readers and not-at-risk readers (research question three), we compared parents' ratings of both groups.

2. Method

2.1. Sample

To recruit the sample, we randomly chose (by dice) 12 schools from different city districts of a German city. Four schools (three first grade classes each) that immediately responded and showed high interest in participating were included. The schools were regular public primary schools. All first graders whose parents agreed to their participation and whose German language ability was sufficient to understand the test instructions (234 children) initially took part in the study. With regard to practical relevance, we gave all children the possibility to participate in the interventions. For statistical analysis, however, children whose parents reported a psychiatric diagnosis (2 children with ADHD), children whose dominant language was not German (28 children), or who had not filled out the tests properly (1 child), were excluded. Furthermore, two children dropped out between pre- and posttest. The final sample consisted of 201 first graders (106 boys, 95 girls). Mean age was 6.9 years (+ - 0.36).

2.2. Design and procedure

The study was conducted in a triple-blind, randomized controlled design. First, children who performed below the 30th percentile in a standardized measure of reading speed (*Würzburger Leise Leseprobe Revision, WLLP-R, Schneider, Blanke, Faust, & Küspert, 2011*) were considered at risk of RD (55 children). IQ testing was performed with these children. The at-risk children were then randomly allocated to either a phonics or a control group at their school. At all schools both phonics and control groups were created (mixed with children from different classrooms). In total, seven phonics and seven control groups were formed. The control training consisted of motor activities. To ensure comparability of the two groups at the start of the trial, we controlled for gender and reading ability as baseline characteristics during the allocation process (see Tables 1 and 2). Both interventions were conducted over a period of six weeks. The participants of the study, as well as the trainers who administered the motor control training, were unaware that it was considered the control condition.

Table 1

Descriptive analysis of motor control and phonics groups.

	Motor control group		Phonics group	
N	26		29	
Gender (boys/girls)	13/13		12/16	
Age	7.1 years (0.36)		6.7 years (0.23)	$p = .000$
IQ-value	101.4 (15.2)		103.1 (13.1)	$p = .690$
SDQ total raw-Score	7.25 (5.10)		7.00 (4.50)	$p = .855$
SDQ hyperactivity raw score	3.33 (2.20)		3.04 (2.13)	$p = .632$
University degree father	yes	78.3%	62.5%	$\chi^2 = 1.40$
	no	21.7%	37.5%	$df = 2$
University degree mother	yes	65.2%	61.5%	$p = .238$
	no	34.8%	38.5%	$\chi^2 = 0.71$
Multilingualism	yes	57.7%	24.1%	$df = 2$
	no	42.3%	75.9%	$p = .790$
				$\chi^2 = 6.431$
				$df = 1$
				$p = .015$

Note. Standard deviations appear in parentheses.

Table 2
Z-values of reading scores for motor control and phonics groups.

	Motor control group T1	Motor control group T2	Phonics group T1	Phonics group T2
N	26	26	29	29
Reading ability (IEL-1 score)	−1.05 (0.81)	−1.16 (1.02)	−1.04 (0.93)	−0.73 (0.96)
Reading speed (WLLP-R score)	−1.27 (0.48)	−0.84 (0.83)	−1.18 (0.56)	−0.82 (0.56)

Note. Standard deviations appear in parentheses.

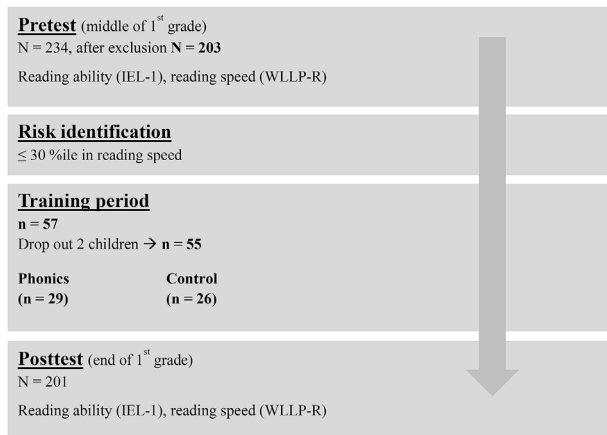


Fig. 1. Procedure.

After the intervention period all children were tested again to assess their reading development and evaluate the intervention effect. The post-testing was carried out in whole classrooms by research assistants who were unaware about the children's risk-status. In continuation, the evaluation of the test results was carried out blindly too (see Fig. 1).

2.3. Tests and questionnaires

Reading speed was measured by a standardized word reading test (WLLP-R, Schneider et al., 2011, retest-reliability (14 weeks): $rtt = 0.76$, convergent validity: $r = 0.68$). Within five minutes, children read as many words as possible and marked the corresponding pictures based on four offered choices. We chose the WLLP-R because there were no other standardized group tests we could use and because it is a very good and feasible reading measure, although it does not have a norm sample before the end of first grade. As our sample was younger (middle of first grade), we used our own sample as a reference. The test was well applicable at this time-point and the results were normally distributed. If we had applied the test norms for the end of first grade, the mean percentile of the 201 included children would have been 34.5. The at-risk children of our sample on average performed at the 16th percentile of the norm sample.

As the children were tested early in reading acquisition, a standardized test at word level was chosen to test reading ability (Inventar zur Erfassung der Lesekompetenz im 1. Schuljahr, IEL-1, Diehl & Hartke, 2012, retest-reliability $rtt = 0.74 - 0.83$). The test included the following subtests: Phoneme recognition, syllable segmentation and synthesis, word reading and reading comprehension. The IEL-1 norms were based on a sample from another federal state in Germany. Therefore, our study sample was not at the same stage in the curriculum as the students from the norm sample. Although the test itself was still adequate for our study sample, the norms were not.

Nonverbal cognitive abilities of all at-risk children were measured in groups using the *Culture Fair Test*, *Grundintelligenztest Skala 1-Revision* (CFT 1-R, Cattell, Weiß, & Osterland, 1997). Parents were

asked to complete the *Strength and Difficulties Questionnaire* (SDQ, Goodman, 1997), a brief and widely used behavioural screening instrument for child psychopathology. Items are rated on a Likert-type scale (not true, somewhat true, certainly true) and are divided equally into five subscales: Emotional symptoms, conduct problems, hyperactivity/inattention, peer relationship problems and prosocial behaviour. An additional questionnaire (*Parents' Questionnaire*) was designed to obtain further information about the parents' educational background, language(s) spoken at home, the child's speech and motor development, chronic diseases, attentional deficits or psychiatric diagnoses of the child, time spent and problems with homework, difficulties at school and a history of RD or reading/writing difficulties in the family.

2.4. The interventions

The phonics intervention that we developed for the present study is manualized and curriculum-based. It consists of 18 units with increasing difficulty. The first 10 units train grapheme-phoneme and phoneme-grapheme correspondences. Children are required to match letters and sounds, find missing letters, read words and pseudowords and compose words. Thus, unlike the classical PA training, the focus was on written language and letters. The second part (units 11–18) trains syllable segmentation and synthesis. Children have to analyse the syllables of words, build meaningful words from different syllables, arrange syllables in the right order, and find matching prefixes. The units are highly structured and contain word-by-word instructions to ensure feasibility. At the beginning of every session, the content of the previous session is briefly repeated, which consolidates the content and facilitates catching up for children who miss a unit. In each session, two to four phonemes with the corresponding graphemes are introduced with examples and exercises. As children have learned most of the graphemes in school by this point, this is mainly a repetition that helps them to automatize the letter-sound-correspondences. The sessions end with a consolidation of the learned content by reading sentences or short poems that contain the graphemes. A detailed description of a sample session can be found in the appendix (table A1).

The whole intervention programme is embedded in a continuing story that connects the units and intends to maintain the children's motivation and participation. The children either work in groups or individually (with the support of the instructor when needed) and afterwards share and discuss their work. Every trainer works with a manual. In addition, every child receives a workbook, which contains exercises. No homework is assigned.

The control intervention contained games that require motor and coordinative activities and team playing. Instructors were told to use as little oral instruction as possible. Like the phonics intervention, the motor control intervention was also manualized.

Both trainings were conducted in a quiet room at school. They took place over a period of six weeks, three times a week for 20 min. Maximum group size was six children. Training sessions were aligned with the timetables of the students and integrated into the school day. The intervention was conducted in addition to the normal classroom reading instruction, which is phonics-based in Germany. Therefore, our intervention programme extends the content of the curriculum,

providing extra time to practice intensively in small groups what has been learned in class.

The instructors of the reading as well as of the motor control intervention were seven research assistants with a professional background in the area of psychology or educational science. To manage the instruction of 14 groups in four different schools, training instructors had to be assigned mainly based on organizational aspects: Not all research assistants were available at all training times and schools were located in very different city districts. The training instructors did not know that the motor training was used as control condition. Before starting the training, they received training sessions by the principal investigator (PI). Before and after each session, the instructors had a supervision meeting with the PI. In addition, the PI observed the reading and motor control intervention sessions regularly and provided detailed feedback to the instructors. To further ensure treatment fidelity, the instructors wrote a protocol after each session. This protocol included if any child was not present or did not participate adequately. None of the children were absent for more than two (out of 18) sessions or missed more than five out of 35 tasks. As the training was designed for everyday school routine, a certain missing ratio due to illness has to be expected and the training was designed to tolerate it (e.g. by means of the repetitions at the beginning of each session).

2.5. Statistical analysis

As the students were trained in small groups, it is not appropriate to assume independence between their test responses. We therefore controlled for potential cluster effects. To evaluate the effects of the phonics intervention on reading ability (IEL-1) and reading speed (WLLP-R), we conducted generalized linear mixed models (GLMM) in R (R Core Team, 2014) using the packages arm (Gelman et al., 2009), lme4 (Bates et al., 2014) and lmerTest (Kuznetsova, Brockhoff, & Christensen, 2015). To analyse the training effect on reading ability, the IEL-1 raw score was used as dependent variable, group (motor control group and intervention group) and time (pre- and posttest) as factors. Furthermore, group number (1–14) was included as additional factor to control for possible group level effects. The same analysis was performed with reading speed (WLLP-R) as dependent variable. Effect sizes of the intervention were calculated. For the purpose of examining the preventive value of the intervention regarding the development of RD, we evaluated how our risk identification coincided with the prevalence of RD at the end of first grade. Chi-square-tests were calculated between the intervention and the motor control group to see if fewer children of the phonics group demonstrated RD at the end of first grade. In order to identify whether at-risk readers and not-at-risk readers showed differences in other measures (apart from their reading performance), we conducted chi-square-tests for different variables from the parents' questionnaire and Mann-Whitney U-tests to compare SDQ scales between groups.

3. Results

3.1. Motor control group and phonics group

The motor control group and the phonics group were stratified based on gender, reading ability and reading speed during the allocation process. Further descriptive variables were analysed. They are reported in Table 1. The groups differed in mean age, which was higher in the motor control group than in the phonics group ($p < .001$). All included children spoke German as their first language, but more children

Table 3
Fixed effects parameters.

		Estimate	Std. Error	df	T	p
IEL-1	Intercept	58.10	7.92	54	7.34	.000
	Group (2)	6.60	13.44	50	0.49	.620
	Time	18.10	1.94	53	9.34	.000
	Time*group	−6.07	2.82	53	−2.15	.036
WLLP-R	Intercept	0.87	5.20	84	0.17	.868
	Group (2)	−9.83	8.24	73	−1.19	.237
	Time	15.34	2.01	53	7.63	.000
	Time*group	1.46	2.91	52	0.50	.616

in the motor control than in the phonics group grew up multilingually ($p < .05$). To control for these differences, the intervention effect was recalculated with multilingualism and age included in the model.

3.2. Intervention effects

3.2.1. Phonics training vs. Motor control training

To evaluate the hypothesis that children in the phonics group improved significantly more in reading skills than children in the motor control group (hypothesis 1), the interventions were compared in terms of reading ability (IEL-1) and reading speed (WLLP-R) in GLMMs (see Table 3). As the variance was not equal at both time points, an unstructured covariance structure matrix was modelled. The contribution of the parameters group, group number, time and the interaction of group and time were assessed using the restricted maximum likelihood method. A random intercept model was applied.

In the first GLMM, IEL-1 raw score was used as dependent variable. The subjects were entered as random effects, thus taking into account variation that is due to individual differences. To control for the group setting of the training, group number (1–14) was added as an additional fixed factor. We found a significant effect of time on reading ability (IEL-1; $t = -5.88$, $p < .001$), indicating that all children improved from pretest to posttest. Importantly, the main effect was modified by the interaction effect time \times group ($t = -2.15$, $p = .036$), indicating that children who participated in the phonics training improved more in reading ability (IEL-1) than children who received the motor control training. As none of the group number parameters reached significance ($p = .138 - 0.887$), we can exclude possible cluster effects of the group level (e.g. instructor, group size, other children) on the results. The variance of the random factor (subjects) was $\sigma^2 = 189.89$, the standard deviation $\sigma = 13.78$.

The second GLMM was calculated with reading speed (WLLP-R) as dependent variable. Again, we found a significant effect of time on reading speed ($t = 7.63$, $p < .001$), showing that all children improved from pretest to posttest. However, for reading speed the interaction effect (time \times group) was not significant ($t = 0.50$, $p = .616$). The phonics trained children did not improve significantly more in reading speed than the children in the motor control group. As in the analysis of reading ability (IEL-1), none of the group number parameters had a significant effect on the results ($p = .080 - 0.929$).

Both models were recalculated with multilingualism and age as additional fixed factors to control for differences in these variables between control and intervention group. In none of the models the factors multilingualism (IEL-1: $t = 0.88$, $p = .386$, WLLP-R: $t = 1.95$, $p = .059$) or age (IEL-1: $t = -1.38$, $p = .179$, WLLP-R: $t = -0.86$, $p = .397$) reached significance. The main effect of time on reading ability (IEL-1; $t = 8.91$, $p < .001$) as well as the interaction effect time

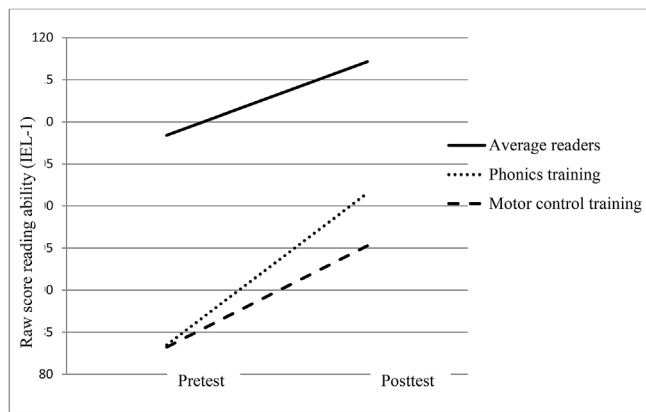


Fig. 2. Development of reading ability (IEL-1).

x group ($t = -6.21$, $p = .049$) changed only slightly, probably due to the smaller sample size in this more complex model (owing to missing information on the exact dates of birth of a few children). The main effect of time on reading speed (WLLP-R) also changed only marginally ($t = 7.45$, $p < .001$), such as the interaction effect (time x group) ($t = 0.56$, $p = .582$).

Effect size calculation between both groups revealed a small to moderate effect of Cohen's $d = 0.43$ (95% CI [-0.11, 0.97]) at posttest for reading ability (IEL-1).

3.2.2. Phonics and motor control training vs. not-at-risk children (no training)

Additionally, we conducted analyses of variance (ANOVAs) for repeated measures with the phonics training group and the not-at-risk group who had not received any training (group as between-subject-factor) and the within-subject-factor time (pretest and posttest, for WLLP-R and IEL-1). The ANOVA with reading ability (IEL-1) revealed a time x group interaction, showing that the phonics-trained children made significantly more progress in reading ability than the not-at-risk children ($F(1, 173) = 24.42$, $p < .001$). The same analysis with the motor control group did not show a significant time x group interaction ($F(1, 170) = 2.74$, $p = .100$). However, although the phonics-trained children approached the not-at-risk children in reading ability (IEL-1), they did not reach their level. Reading ability still differed significantly between reading-trained at-risk children and not-at-risk children at posttest ($t(173) = 6.83$, $p < .001$). No time x group interaction was found for reading speed (WLLP-R), neither for the phonics group versus not-at-risk children ($F(1, 172) = 170.23$, $p = .319$) nor for the motor control group versus not-at-risk-children ($F(1, 170) = 164.54$, $p = .099$).

Fig. 2 shows the reading development of the two experimental groups and the not-at-risk readers from pre- to posttesting.

Correlations between the two reading measures (IEL-1 and WLLP-R) and the two measurement points such as for demographic variables of the whole sample can be found in table A3 in the appendix. Figures A1 and A2 show scatterplots of the development of reading ability (IEL-1) and reading speed (WLLP-R).

Table 4
Prediction of RD.

	RD	No RD	p	χ^2	df
Not at risk	1	145	.000	53.76	2
At risk (phonics)	4	25			
At risk (motor control)	11	15			
Total	16	185			

3.3. Prevalence of RD at the end of first grade

Our second hypothesis was that the intervention programme has the capacity to reduce the number of children with poor reading skills at the end of first grade. Participants who performed one standard deviation below the mean of our sample in both reading tests (IEL-1 and WLLP-R) at the end of first grade were classified as children with RD. To evaluate whether the motor control group contained more children with RD than the phonics group, we calculated a chi-square-test. The test revealed that after the intervention, significantly more children in the motor control group ($n = 11$) performed 1 SD below average in both reading tests than children in the phonics group ($n = 4$; $\chi^2(1, N = 55) = 5.62$, $p = .019$). Those four children can be described as not responding to the phonics intervention (that corresponds to Tier 2) and are in need of further intervention (corresponding to Tier 3). The IQ of those children and their SDQ total score were in the normal range.

The number of children with RD (who performed below average in both tests) also gave us information about the sensitivity and specificity of the risk identification: Only one child that had not been classified as at risk of RD turned out to fulfil criteria for RD at the end of first grade (see Table 4). This resulted in a very good sensitivity of 0.94, while a specificity of .78 was reached. The high sensitivity and lower specificity are inherent of the preventive study design, which over-identifies children at risk, but produces very few false negatives. Nevertheless, we have to interpret the specificity with caution as it is biased due to the training some of the at-risk children received.

3.4. At-risk versus not-at-risk readers

Chi-square-tests were performed to analyse differences between at-risk and not-at-risk readers in the parents' questionnaire (see Table 5). Parents' reports regarding reading development confirmed the risk identification: Parents of at-risk readers reported significantly more often that their children had problems with reading and writing. Homework duration was perceived to be significantly longer in the at-risk group. Additionally, a trend could be identified that, according to the parents, homework situations were causing more problems (e.g., conflicts at school or at home) in the at-risk group. Most of the not-at-risk readers did their homework alone, while at-risk readers were accompanied by an adult more often. Prevalence of speech/language disorder was reported more often in the at-risk group. Furthermore, significantly more children grew up multilingually in the at-risk group than in the not-at-risk group. However, German was first language of all of those children as this was an inclusion criterion. No significant differences were observed in prevalence of RD in the family.

Mann-Whitney U-tests were calculated to check for possible differences in SDQ scales between at-risk and not-at-risk readers. The test revealed that in the at-risk group the hyperactivity/inattention score ($z = -2.79$, $p = .005$) and the reported peer problems ($z = -1.97$, $p = .049$) were significantly higher than in the not-at-risk group. The SDQ total score only showed a trend towards a higher score in the risk between group ($z = -1.84$, $p = .066$). The scores for emotional problems ($z = -0.05$, $p = .958$), conduct problems ($z = -0.5$, $p = .961$) and prosocial behaviour ($z = -0.25$, $p = .802$) did not differ between the groups (see table A3 in the appendix).

4. Discussion

In the present study, children with early signs of reading deficits were identified by a speeded reading test in first grade and received either a phonics intervention or a motor control training. After the intervention, reading performance of all children was tested again. This approach for risk identification and subsequent high-frequency school-based intervention in small groups, without training PA, is new not only

Table 5
Descriptive analysis of at-risk and not-at-risk readers (*Parents' Questionnaire*).

	At-risk readers			Not-at-risk readers			<i>p</i>	<i>df</i>	χ^2
Age	6.9 years (0.34)			6.9 years (0.38)			.826	166	.22 (t)
Gender (boys/girls)	(52.7%/47.3%)			(52.7%/47.3%)			.999	1	.000
Multilingualism	40.0%			21.5%			.011	1	6.53
Speech/language disorder	6.5%			0.8%			.032	1	4.58
Homework alone	55.1%			76.5%			.006	1	7.58
Problems with reading	46.0%			2.6%			.000	1	49.43
Problems with writing	28.6%			7.8%			.000	1	12.26
Problems with maths	0%			2.6%			.269	1	1.22
Reading disorder in family	18.0%			12.2%			.321	1	0.99
University degree father	70.2%			76.8%			.383	1	0.76
University degree mother	63.3%			70.5%			.362	1	0.83

	At-risk readers			Not-at-risk readers			<i>p</i>	<i>df</i>	χ^2
Homework duration	< 0.5 h	0.5 – 1 h	> 1 h	< 0.5 h	0.5 – 1 h	> 1 h			
	12.5%	77.1%	10.4%	37.1%	62.1%	0.9%	.000	2	16.48
Homework problems/arguments	yes	sometimes	no	yes	sometimes	no			
	4.3%	51.1%	44.7%	0.9%	36.5%	62.6%	.059	2	5.67

in German-speaking countries. The main hypothesis of the current paper was that reading performance of early-identified at-risk children can be improved by a phonics training. Our data confirm this hypothesis partially. Reading ability (IEL-1) of the phonics group improved significantly compared to the motor control group. This result extends previous findings based on English-speaking children, which found phonics training to be effective for improving reading ability (Ehri et al., 2001; Galuschka et al., 2014). In spite of an intervention period of just six weeks, a small to moderate effect size in the reading ability score (IEL-1) between phonics and motor control group at posttest was reached. Higher effect sizes are rarely achieved even in studies with more extensive phonics interventions (Ehri et al., 2001; Galuschka et al., 2014; McArthur et al., 2012). This shows that our concept of a short, but high-frequency school-based intervention in small groups was successful. Furthermore, our study shows that first grade school-based phonics intervention without PA training is effective for improving reading skills of German-speaking children. Meta-analyses have shown that PA training is more effective before than after the beginning of literacy instruction. Furthermore, it shows lower effects on reading performance in German than it does in English (Fischer & Pfost, 2015; Wolf et al., 2016). These results explain why interventions that combine reading and PA interventions do not achieve larger effects than reading interventions alone (Mayer & Motsch, 2015; Motsch & Mayer, 2012). Reading interventions should focus directly on the affected skills (Ise et al., 2012). In the middle of first grade, grapheme-phoneme-correspondences have to be learned and automatized (Frith, 1985; Share, 1995). The results of our study confirm that it is important and efficient to perform such a symptom-specific training.

However, the intervention effect did not improve reading speed (WLLP-R). The automatization of grapheme-phoneme correspondence is a fundamental requirement for skilled reading. At the early point of time in reading instruction at which the children participated in this study, this skill is yet to be consolidated, especially in the children who show weak reading performance. If letter-sound-correspondence is highly automated, fast sight word reading is facilitated, which again enables a higher reading speed (Ehri, 1995; Frith, 1985; Tischler, Daseking, & Petermann, 2013). Thus, the intervention mainly targeted the initial step of improving letter-sound correspondences and showed effects exactly in this domain. An intervention period of six weeks for first graders with initial reading deficits might be too short to result in an improvement of reading speed performance.

Four of the at-risk children did not respond to the phonics training. In the RTI model these children would proceed to Tier 3. Because of their reading performance at post-testing they are considered to have a RD and would need further intervention. However, four non-responders

in the phonics group compared to 11 non-responders in the motor control group is a very positive result that indicates a high preventive potential of our phonics training. As the re-test interval in our study was rather short it is, of course, important to observe further reading development.

Reading speed is considered a good predictor of later reading development in transparent orthographies (Desimoni et al., 2012; Landerl & Wimmer, 2008). The very low number of false negatives in our study also points to a high predictive value of the risk identification through reading speed (measured by the WLLP-R): Only one child who had not been classified as at risk of RD did exhibit RD at the end of first grade. Reading speed (WLLP-R) therefore seems to be a sensitive, time efficient marker for the early identification of RD. Of course, this marker can only be assessed once children learn to read. Earlier identification is possible via precursor measures such as PA and RAN, which can be assessed as early as kindergarten. These measures, however, do not reach a comparable predictive value (Ennemoser et al., 2012; Georgiou et al., 2008; Wilson & Lonigan, 2010). Therefore, early risk identification in kindergarten via precursor measures should be succeeded by early reading screening in first grade to ensure that all children with need for additional support are identified. PA training in kindergarten is beneficial for later reading development (Schneider et al., 1994; Schneider et al., 1999), whereas reading intervention in first grade can specifically address early reading problems.

The parents of the at-risk children also confirmed our screening by stating problems concerning their children's reading and writing. Additionally, hyperactivity and peer problem behaviour was reported more frequently in the at-risk than in the not-at-risk children. Externalizing as well as internalizing problem behaviour has been found repeatedly in children with RD (Carroll, Maughan, Goodman, & Meltzer, 2005; McGee et al., 2002; Ruland et al., 2012). Thus, these results reveal that first graders at risk of RD already show a similar profile as children with RD. However, as our study has a cross-sectional design, it is not possible to draw conclusions about whether these comorbid problems are a consequence of early reading problems or if they co-occur. This issue needs to be addressed in longitudinal studies.

Interestingly, no gender differences between at-risk and not-at-risk children were present in our sample although in the literature the sex ratio in children with reading difficulties and dyslexia is often reported to be higher in boys than girls. However, the very unbalanced ratio seems to drop markedly when different diagnostic criteria are applied, e.g. including spelling scores, using single word reading rather than reading comprehension tests and assessing nonverbal intelligence (Miles, Haslum, & Wheeler, 1998) and it seems to depend on the sample (clinical vs. population based). Arnett et al. (2017) argue that the

higher dyslexia prevalence in males might be explained by greater variance in their reading performance. In our sample, however, the variance of boys' and girls' reading performance did not differ significantly from each other. Furthermore, externalizing comorbid disorders tend to be more frequent in boys. Due to opponent, aggressive or hyperactive behaviour, they might be sent to a specialist more often than girls and thus be diagnosed with dyslexia more frequently (Krinzinger & Günther, 2013). Last but not least, our results are in line with some studies reporting no gender differences in the prevalence of dyslexia (Lubs et al., 1993; Shaywitz, Shaywitz, Fletcher, & Escobar, 1990; Wadsworth, DeFries, Stevenson, Gilger, & Pennington, 1992). Furthermore, gender differences seem to increase with greater severity in reading impairment (Quinn & Wagner, 2015). As our sample was at the beginning of reading development, gender differences might increase later on.

4.1. Difficulties and limitations

Certain limitations of this study need to be considered. The limited sample size did not allow us to compare children who showed positive intervention effects with those who did not benefit from the intervention and fulfilled criteria for RD at the end of first grade. Such a comparison might have revealed possible causes of the non-response. Furthermore, additional measures such as vocabulary knowledge, RAN, and further behavioural data could have been of interest for analysing the non-responding children.

Another possible limitation is the fact that the reading intervention trained exactly the abilities that were tested with the IEL-1. The result that there was an intervention effect in this test, but not in the reading speed test (WLLP-R) indicates that performance only improved in the trained domains.

One variable which differed between phonics and motor control group at pretest was age, children of the motor control being significantly older. However, we do not expect any impact on intervention effects as all children received the same amount of literacy instruction in school. The second variable which differed between the groups was multilingualism, with children in the motor control group growing up multilingually more often than in the phonics group. The groups were formed randomly and the interventions started promptly after the risk identification. Therefore, we could not control for all variables. As only children who spoke German as first language were included in the analysis, we do not expect the group difference to affect the intervention outcome.

4.2. Conclusions

As expected, reading speed enabled early and valid risk identification and phonics training proved effective for early reading

intervention. Up until now, early reading intervention according to the RTI-model is mainly performed in English-speaking countries. Our results allow the positive effects found for early identification and intervention for children with reading deficits to be extended to German-speaking first grade classrooms. Importantly, the time point for identifying children at risk seems to be very good: An earlier time point is only possible for the assessment of precursor variables, but not of reading itself, as children do not read yet. Nevertheless, children can of course benefit from additional earlier risk identification via precursors of reading such as PA, RAN or letter knowledge. At a later time point, reading problems would already be more marked and remediation less effective. The early time point still enables an individual assessment of non-responders. Analogous to the third tier in the RTI model (Torgesen, 2009), non-responding children could then receive an individual training based on the results from the individual assessment and the observation of their development. Furthermore, we could show that it is possible to perform a blinded, placebo-controlled trial in cognitive treatment studies.

Implementing the intervention at school grants access to the programme for all children. Teachers can perform the short and easily applicable reading speed test in class and apply the manual of the phonics training, which contains word-by-word instructions in school-based intervention groups. Thus, early reading intervention, which has been shown to be more effective than a wait-to-fail model (Ehri et al., 2001; Galuschka et al., 2014), can also be implemented effectively in German schools. This could be an incentive to conduct research on the applicability of such an approach in other European countries.

Conflicts of interest

None.

Funding

The study described in this paper was funded by the Förderprogramm für Forschung und Lehre (FöFoLe) of the Ludwig Maximilians University Munich. The funding source had no involvement in the collection or analysis of the data.

Acknowledgements

We wish to thank all children and families who participated in the study. Furthermore, we want to thank Kristina Moll for her valuable support and advice, Christian Wachinger for his assistance in statistical analyses and Belinda Platt for proofreading the manuscript. Finally, we wish to thank the editor and the reviewers for their very helpful and valuable suggestions.

Appendix A

Table A1
Sample Session: Diphthongs (eu – au – ei).

Time	Content	Activity
3 min	Repetition of previous session: consonants <i>n - l - w - m - r</i>	Find and insert missing letters in words <ul style="list-style-type: none"> • Children work on their own to insert the letters • Every child reads out one completed word • Example: <p><i>Do the words begin with N or L?</i></p> <p><i>_ama</i></p> <p><i>_ase</i></p> <p><i>_ame</i></p> <p><i>_ila</i> (Weak students can work with corresponding pictures as support)</p>

(continued on next page)

Table A1 (continued)

Time	Content	Activity
7 min	Introduction of diphthongs <i>ei</i> – <i>au</i> – <i>eu</i>	Instructor introduces diphthongs by means of the continuing story and explains how they are pronounced <ul style="list-style-type: none"> • Instructor shows card with Ei/ei, Au/au and Eu/eu and, after each card, asks how the letters are pronounced together • Children are asked to find words that contain the diphthongs • Example: <i>Can you tell me how these letters are pronounced together (Instructor shows card with Ei/ei)? Exactly, that is the /ai/. The /ai/ alone can even be a word (German for egg). Do you know other words that contain an /ai/? Children say words which contain /ai/ (e.g. Eis (German for ice), Meise (German for titmouse), Reis (German for rice), ...).</i>
5 min	Consolidation of diphthongs	Sort pictures to the corresponding diphthong <ul style="list-style-type: none"> • Every child receives the same amount of cards with different pictures representing words that contain ei, au or eu • Children are told to throw their cards in one of three boxes, every one marked with “ei”, “au” and “eu” • Example: <i>Eule“ (German for owl) goes in the eu-box, “Baum“ (German for tree) in the au-box and “Leiter“ (German for ladder) in the ei-box</i>
8 min	Repetition of the learned content by word and pseudoword reading	Read story together <ul style="list-style-type: none"> • Every child reads one line of pseudowords (introduced by means of the continuing story) and a short sentence • Example (pseudoword reading): <i>sause meule feise</i> • Example (word reading): <i>Eine Meise ist leise (A titmouse is silent)</i>

Table A2

SDQ-Scores of at-risk and not-at-risk readers.

	Mean rank		<i>z</i>	<i>p</i>
	At-risk readers	Not-at-risk readers		
Emotional Problems	84.29	83.88	−0.05	.958
Conduct Problems	83.73	84.12	−0.05	.961
Peer Problems	94.19	79.65	−1.97	.049
Prosocial Behaviour	85.39	83.41	−0.25	.802
Hyperactivity/inattention	99.73	77.28	−2.79	.005
Total score	94.49	79.52	1.84	.066

Table A3

Correlations (Pearson) between study variables (whole sample).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1. Reading ability (IEL-1 pretest)		.821**	.751**	.616**	.325*	.251**	.115	-.231**	-.239**
2. Reading ability (IEL-1 posttest)			.658**	.628**	.390**	.165*	.082	-.224**	-.299**
3. Reading speed (WLLP-R pretest)				.738**	.334*	.103	.129	-.175*	-.222**
4. Reading speed (WLLP-R posttest)					.159	.137	.088	-.117	-.170*
5. IQ (CFT)						.210	.082	-.111	-.219
6. Educational background father							.450**	-.155	-.056
7. Educational background mother								-.052	-.012
8. Multilingualism									.140
9. SDQ total score									

Note. ***p* < .01; **p* < .05.CFT: *n* = 55 (at-risk readers), all other variables: whole sample.

TABLE A4
Fixed effects parameters of alternative model with age and multilingualism.

		Estimate	Std. Error	df	T	p
IEL-1	Intercept	130.146	55.57	34	2.34	.025
	Group (2)	10.89	18.53	38	0.59	.560
	Time	18.56	2.08	48	8.91	.000
	Age (months)	− 0.947	0.69	34	− 1.38	.179
	Multilingualism	4.65	5.29	34	0.88	.386
	Time*group	− 6.21	3.07	48	− 2.02	.049
WLLP-R	Intercept	20.83	28.75	34	0.72	.474
	Group (2)	1.54	10.43	51	0.15	.883
	Time	15.68	2.10	48	7.45	.000
	Age (months)	− 0.30	0.35	34	− 0.86	.397
	Multilingualism	5.31	2.72	34	1.95	.059
	Time*group	1.71	3.08	47	0.56	.582

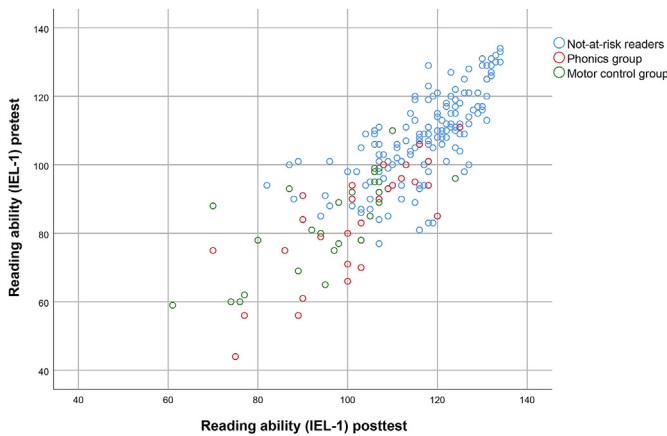


Fig. A1. Development of reading ability (IEL-1).

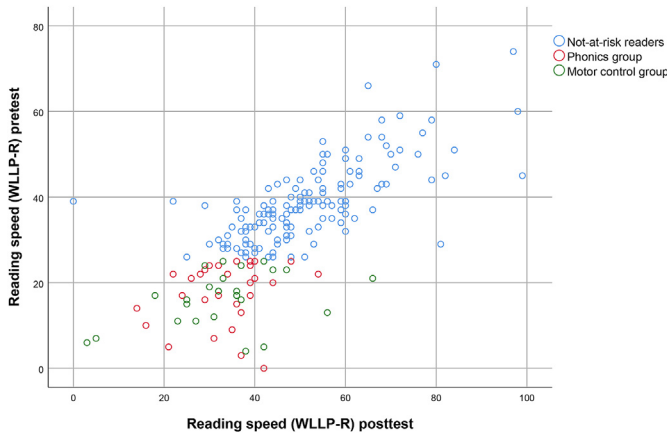


Fig. A2. Scatterplot development of reading speed (WLLP-R).

References

American Psychiatric Association, APA (Ed.). (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, DSM-5*[®] (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Pub.

Arnett, A. B., Pennington, B. F., Peterson, R. L., Willcutt, E. G., DeFries, J. C., & Olson, R. K. (2017). Explaining the sex difference in dyslexia. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(6), 719–727.

Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., Christensen, R. H. B., Singmann, H., & Grothendieck, G. (2014). *Package ‘lme4’*. Vienna, Austria: R foundation for statistical computing.

Berkeley, S., Bender, W. N., Peaster, L. G., & Saunders, L. (2009). Implementation of response to intervention: A snapshot of progress. *Journal of Learning Disabilities*, 42(1), 85–95. <https://doi.org/10.1177/0022219408326214>.

Betts, J., McKay, J., Maruff, P., & Anderson, V. (2006). The development of sustained attention in children: The effect of age and task load. *Child Neuropsychology*, 12(3), 205–221. <https://doi.org/10.1080/09297040500488522>.

Björn, P. M., Aro, M. T., Koponen, T. K., Fuchs, L. S., & Fuchs, D. H. (2016). The many faces of special education within RTI frameworks in the United States and Finland. *Learning Disability Quarterly*, 39(1), 58–66. <https://doi.org/10.1177/0731948715594787>.

Carroll, J. M., Maughan, B., Goodman, R., & Meltzer, H. (2005). Literacy difficulties and psychiatric disorders: Evidence for comorbidity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(5), 524–532. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00366.x>.

Cattell, R., Weiß, R., & Osterland, J. (1997). *Culture Fair test-grundintelligenztest Skala 1 [culture Fair intelligence test, scale 1] (CFT 1)*. Göttingen: Hogrefe.

- Compton, D. L., Fuchs, D., Fuchs, L. S., & Bryant, J. D. (2006). Selecting at-risk readers in first grade for early intervention: A two-year longitudinal study of decision rules and procedures. *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 394.
- Costa, H. C., Perdry, H., Soria, C., Pulgar, S., Cusin, F., & Dellatolas, G. (2013). Emergent literacy skills, behavior problems and familial antecedents of reading difficulties: A follow-up study of reading achievement from kindergarten to fifth grade. *Research in Developmental Disabilities*, 34(3), 1018–1035. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.11.029>.
- Dally, K. (2006). The influence of phonological processing and inattentive behavior on reading acquisition. *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 420–437. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.2.420>.
- Desimoni, M., Scalisi, T. G., & Orsolini, M. (2012). Predictive and concurrent relations between literacy skills in grades 1 and 3: A longitudinal study of Italian children. *Learning and Instruction*, 22(5), 340–353. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.02.002>.
- Diehl, K., & Hartke, B. (2012). *Inventar zur Erfassung der Lesekompetenz im 1. Schuljahr [Inventory for assessing reading competency in first grade] (IEL-1)*. Göttingen: Hogrefe.
- Ehri, L. C. (1995). Phases of development in learning to read words by sight. *Journal of Research in Reading*, 18(2), 116–125.
- Ehri, L. C. (2005). Development of sight word reading: Phases and findings. In M. J. Snowling, C. Hulme, M. J. Snowling, & C. Hulme (Eds.). *The science of reading: A handbook* (pp. 135–154). Malden: Blackwell Publishing.
- Ehri, L. C., Nunes, S. R., Stahl, S. A., & Willows, D. M. (2001). Systematic phonics instruction helps students learn to read: Evidence from the National Reading Panel's meta-analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 393–447. <https://doi.org/10.3102/00346543071003393>.
- Ekstam, U., Linnanmäki, K., & Aunio, P. (2015). Educational support for low-performing students in mathematics: The three-tier support model in Finnish lower secondary schools. *European Journal of Special Needs Education*, 30(1), 75–92. <https://doi.org/10.1080/08856257.2014.964578>.
- Ennemoser, M., Marx, P., Weber, J., & Schneider, W. (2012). Spezifische Vorläuferfertigkeiten der Lesegeschwindigkeit, des Leseverständnisses und des Rechtschreibens: Evidenz aus zwei Längsschnittstudien vom Kindergarten bis zur 4. Klasse [Specific precursors of decoding speed, reading comprehension, and spelling: Evidence from two longitudinal studies from kindergarten to grade 4]. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 44(2), 53–67. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000057>.
- Ferrer, E., Shaywitz, B. A., Holahan, J. M., Marchione, K. E., Michaels, R., & Shaywitz, S. E. (2015). Achievement gap in reading is present as early as first grade and persists through adolescence. *The Journal of Pediatrics*, 167(5), 1121–1125. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.07.045> e1122.
- Fischer, M. Y., & Pfost, M. (2015). Wie effektiv sind maßnahmen zur förderung der phonologischen bewusstheit? Eine meta-analytische untersuchung der auswirkungen deutschsprachiger Trainingsprogramme auf den schriftspracherwerb [How effective are trainings of phonological awareness? A meta-analysis of German language training programs and their effects on the acquisition of reading and spelling skills]. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47(1), 35–51. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000121>.
- Fortes, I. S., Paula, C. S., Oliveira, M. C., Bordin, I. A., de Jesus Mari, J., & Rohde, L. A. (2016). A cross-sectional study to assess the prevalence of DSM-5 specific learning disorders in representative school samples from the second to sixth grade in Brazil. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 25(2), 195–207. <https://doi.org/10.1007/s00787-015-0708-2>.
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. *Surface dyslexia*, 32, 301–330.
- Fuchs, D., & Fuchs, L. S. (2006). Introduction to Response to Intervention: What, why, and how valid is it? *Reading Research Quarterly*, 41(1), 93–99. <https://doi.org/10.1598/RRQ.41.1.4>.
- Fuchs, D., Fuchs, L. S., & Compton, D. L. (2012). Smart RTI: A next-generation approach to multilevel prevention. *Exceptional Children*, 78(3), 263–279.
- Galuschka, K., Ise, E., Krick, K., & Schulte-Körne, G. (2014). Effectiveness of treatment approaches for children and adolescents with reading disabilities: A meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One*, 9(2), e89900.
- Gelman, A., Su, Y.-S., Yajima, M., Hill, J., Pittau, M. G., Kerman, J., ... Dorie, V. (2009). *arm: Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models*. R package, version 9.01.
- Georgiou, G. K., Parrila, R., & Papadopoulos, T. C. (2008). Predictors of word decoding and reading fluency across languages varying in orthographic consistency. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 566–580. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.566>.
- Gooch, D., Hulme, C., Nash, H. M., & Snowling, M. J. (2014). Comorbidities in preschool children at family risk of dyslexia. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(3), 237–246. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12139>.
- Goodman, R. (1997). The strengths and difficulties questionnaire: A research note. *Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 38(5), 581–586. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1997.tb01545.x>.
- Grosche, M., & Volpe, R. J. (2013). Response-to-intervention (RTI) as a model to facilitate inclusion for students with learning and behaviour problems. *European Journal of Special Needs Education*, 28(3), 254–269.
- Houtveen, T., & van de Grift, W. (2012). Improving reading achievements of struggling learners. *School Effectiveness and School Improvement*, 23(1), 71–93.
- Ise, E., Blomert, L., Bertrand, D., Faisca, L., Puolakanaho, A., Saine, N. L., ... Schulte-Körne, G. (2011). Support systems for poor readers: Empirical data from six EU member states. *Journal of Learning Disabilities*, 44(3), 228–245. <https://doi.org/10.1177/0022219410374235>.
- Ise, E., Engel, R. R., & Schulte-Körne, G. (2012). Was hilft bei der Lese-Rechtschreibstörung? Ergebnisse einer metaanalyse zur Wirksamkeit deutschsprachiger förderansätze [effective treatment of dyslexia: A meta-analysis on the effectiveness of German-language intervention approaches]. *Kindheit und Entwicklung: Zeitschrift für Klinische Kinderpsychologie*, 21(2), 122–136. <https://doi.org/10.1026/0942-5403/a000077>.
- Ise, E., & Schulte-Körne, G. (2010). Spelling deficits in dyslexia: Evaluation of an orthographic spelling training. *Annals of Dyslexia*, 60(1), 18–39. <https://doi.org/10.1007/s11881-010-0035-8>.
- Jiménez, J. E., Rodríguez, C., Crespo, P., González, D., Artiles, C., & Alfonso, M. (2010). Implementation of response to intervention (RTI) model in Spain: An example of a collaboration between canarian universities and the department of education of the canary Islands. *Psicothema*, 22(4), 935–942.
- de Jong, P. F., & van der Leij, A. (2002). Effects of phonological abilities and linguistic comprehension on the development of reading. *Scientific Studies of Reading*, 6(1), 51–77.
- Klicpera, C., Schabmann, A., & Gasteiger-Klicpera, B. (2006). Die mittelfristige Entwicklung von Schülern mit Teilleistungsschwierigkeiten im Bereich der Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten [The development of reading and spelling skills of students with learning disabilities during elementary school]. *Kindheit und Entwicklung*, 15(4), 216–227.
- Kohn, J., Wyschkon, A., Ballaschk, K., Ihle, W., & Esser, G. (2013). Verlauf von Umschriebenen entwicklungsstörungen: Eine 30-Monats-Follow-up-Studie [Long-term course of dyslexia, dyscalculia and expressive language disorder: A 30-month follow-up study]. *Lernen und Lernstörungen*, 2(2), 77–89. <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000032>.
- Krinzinger, H., & Günther, T. (2013). Lesen, Schreiben, Rechnen - gibt es Unterschiede zwischen den Geschlechtern? [Gender differences in reading, writing, and calculation]. *Lernen und Lernstörungen*, 2(1), 35–49. <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000029>.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2015). *Package 'lmerTest'*. R package version, 2.
- Landerl, K., & Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: Prevalence and familial transmission. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(3), 287–294. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02164.x>.
- Landerl, K., Ramus, F., Moll, K., Lyytinen, H., Leppänen, P. H. T., Lohvansuu, K., ... Schulte-Körne, G. (2013). Predictors of developmental dyslexia in European orthographies with varying complexity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(6), 686–694. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12029>.
- Landerl, K., & Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 150–161. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.1.150>.
- Lerner, M. D., & Lonigan, C. J. (2016). Bidirectional relations between phonological awareness and letter knowledge in preschool revisited: A growth curve analysis of the relation between two code-related skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 144, 166–183.
- Lewis, C., Hitch, G. J., & Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9- to 10-year old boys and girls. *Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 35(2), 283–292. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1994.tb01162.x>.
- Logan, S., Medford, E., & Hughes, N. (2011). The importance of intrinsic motivation for high and low ability readers' reading comprehension performance. *Learning and Individual Differences*, 21(1), 124–128. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.09.011>.
- Lubs, H. A., Rabin, M., Feldman, E., Jallad, B. J., Kushch, A., Gross-Glenn, K., & Elston, R. C. (1993). Familial dyslexia: Genetic and medical findings in eleven three-generation families. *Annals of Dyslexia*, 43(1), 44–60. <https://doi.org/10.1007/BF02928173>.
- Lyytinen, H., Erskine, J., Hämäläinen, J., Torppa, M., & Ronimus, M. (2015). Dyslexia—early identification and prevention: Highlights from the Jyväskylä longitudinal study of dyslexia. *Current developmental disorders reports*, 2(4), 330–338.
- Mahlau, K., Blumenthal, Y., Diehl, K., Schöning, A., Sikora, S., Voß, S., et al. (2014). Das Rügener Inklusionsmodell (RIM) - RTI in der Praxis [The Rügen inclusion model (RIM) - RTI in practice]. In M. Hasselhorn, W. Schneider, & U. Trautwein (Eds.). *Lernverlaufsforschung* (pp. 101–125). Göttingen: Hogrefe.
- Mann, V., & Wimmer, H. (2002). Phoneme awareness and pathways into literacy: A comparison of German and American children. *Reading and Writing*, 15(7–8), 653–682. <https://doi.org/10.1023/A:1020984704781>.
- Maughan, B., & Carroll, J. (2006). Literacy and mental disorders. *Current Opinion in Psychiatry*, 19(4), 350–354. <https://doi.org/10.1097/01.yco.0000228752.79990.41>.
- Mayer, A., & Motsch, H.-J. (2015). Efficacy of a classroom integrated intervention of phonological awareness and word recognition in "Double-Deficit children" learning a regular orthography. *Journal of Education and Learning*, 4(3), 88–111.
- McArthur, G., Eve, P. M., Jones, K., Banales, E., Kohnen, S., Anandakumar, T., & Castles, A. (2012). Phonics training for English-speaking poor readers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, CD009115. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009115.pub2>.
- McGee, R., Prior, M., Williams, S., Smart, D., & Sanson, A. (2002). The long-term significance of teacher-rated hyperactivity and reading ability in childhood: Findings from two longitudinal studies. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43(8), 1004–1016. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00228>.
- McGee, R., Williams, S., Share, D. L., Anderson, J., & Silva, P. A. (1986). The relationship between specific reading retardation, general reading backwardness and behavioural problems in a large sample of dunedin boys: A longitudinal study from five to eleven years. *Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*, 27(5), 597–610. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1986.tb00185.x>.
- McIntosh, K., MacKay, L. D., Andreou, T., Brown, J. A., Mathews, S., Gietz, C., et al. (2011). Response to intervention in Canada: Definitions, the evidence base, and future directions. *Canadian Journal of School Psychology*, 26(1), 18–43. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009115>.

- 10.1177/0829573511400857.
- Miles, T. R., Haslum, M. N., & Wheeler, T. J. (1998). Gender ratio in dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 48(1), 27–55. <https://doi.org/10.1007/s11881-998-0003-8>.
- Moll, K., Ramus, F., Bartling, J., Bruder, J., Kunze, S., Neuhoﬀ, N., ... Lohvansuu, K. (2014). Cognitive mechanisms underlying reading and spelling development in five European orthographies. *Learning and Instruction*, 29, 65–77.
- Morgan, P. L., & Fuchs, D. (2007). Is there a bidirectional relationship between children's reading skills and reading motivation? *Exceptional Children*, 73(2), 165–183. <https://doi.org/10.1177/001440290707300203>.
- Motsch, H.-J., & Mayer, A. (2012). Früherkennung und Prävention von Schriftspracherwerbsstörungen im inklusiven Unterricht (PSYNDEXshort). *Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete*, 81(1), 68–70.
- National Institute of Child Health and Human Development (2000). *Report of the National Reading Panel. Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction* (NIH Publication No. 00-4769) Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Niklas, F., & Schneider, W. (2017). Intervention in the home literacy environment and kindergarten children's vocabulary and phonological awareness. *First Language*, 37(5), 433–452.
- Quinn, J. M., & Wagner, R. K. (2015). Gender differences in reading impairment and in the identification of impaired readers: Results from a large-scale study of at-risk readers. *Journal of Learning Disabilities*, 48(4), 433–445.
- R Core Team (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Ridgeway, T. R., Price, D. P., Simpson, C. G., & Rose, C. A. (2012). Reviewing the Roots of response to intervention: Is there enough research to support the promise? *Administrative Issues Journal: Education, Practice, and Research*, 2(1), 83–95.
- Ruland, A., Willmes, K., & Günther, T. (2012). Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitsdefiziten und Lese-Rechtschreibschwäche [Correlation between attention deficits and reading and writing deficits]. *Kindheit und Entwicklung: Zeitschrift für Klinische Kinderpsychologie*, 21(1), 57–63. <https://doi.org/10.1026/0942-5403/a000053>.
- Sáez, L., Folsom, J. S., Otaiba, S. A. I., & Schatschneider, C. (2012). Relations among student attention behaviors, teacher practices, and beginning word reading skill. *Journal of Learning Disabilities*, 45(5), 418–432. <https://doi.org/10.1177/0022219411431243>.
- Scammacca, N., Vaughn, S., Roberts, G., Wanzek, J., Torgesen, J. K., & Center on, I. (2007). *Extensive reading interventions in grades K-3: From research to practice*. Center on Instruction.
- Schneider, W., Blanke, I., Faust, V., & Küspert, P. (2011). *WLLP-R: Würzburger Leise leseprobe-revision: Ein gruppentest für die grundschule [Würzburg Silent reading test - revision: A group test for elementary school]*. Göttingen: Hogrefe.
- Schneider, W., Ennemoser, M., Roth, E., & Küspert, P. (1999). Kindergarten prevention of dyslexia does training in phonological awareness work for everybody? *Journal of Learning Disabilities*, 32(5), 429–436.
- Schneider, W., Roth, E., & Ennemoser, M. (2000). Training phonological skills and letter knowledge in children at risk for dyslexia: A comparison of three kindergarten intervention programs. *Journal of Educational Psychology*, 92(2), 284.
- Schneider, W., Visé, M., Reimers, P., & Blaesser, B. (1994). Effects of a phonological awareness training on the acquisition of literacy. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 8(3-4), 177–188.
- Serrano, F., & Defior, S. (2008). Dyslexia speed problems in a transparent orthography. *Annals of Dyslexia*, 58(1), 81–95. <https://doi.org/10.1007/s11881-008-0013-6>.
- Sexton, C. C., Gelhorn, H. L., Bell, J. A., & Classi, P. M. (2012). The co-occurrence of reading disorder and ADHD: Epidemiology, treatment, psychosocial impact, and economic burden. *Journal of Learning Disabilities*, 45(6), 538–564. <https://doi.org/10.1177/0022219411407772>.
- Seymour, P. H., Aro, M., & Erskine, J. M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94(2), 143–174. <https://doi.org/10.1348/000712603321661859>.
- Share, D. L. (1995). Phonological recoding and self-teaching: Sine qua non of reading acquisition. *Cognition*, 55(2), 151–218. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)00645-2](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)00645-2).
- Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., Fletcher, J. M., & Escobar, M. D. (1990). Prevalence of reading disability in boys and girls. Results of the Connecticut Longitudinal Study. *JAMA*, 264(8), 998–1002.
- Thuneberg, H., Vainikainen, M.-P., Ahtiainen, R., Lintuvuori, M., Salo, K., & Hautamäki, J. (2013). Education is special for all: The Finnish support model. *Beltz Juventa, Gemeinsam Leben*, 2, 67–78.
- Tischler, T., Daseking, M., & Petermann, F. (2013). Effekt der schulform auf die entwicklung der lesegeschwindigkeit. = the influence of school type on reading fluency development. *Diagnostica*, 59(4), 215–226. <https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000093>.
- Torgesen, J. K. (2002). The prevention of reading difficulties. *Journal of School Psychology*, 40(1), 7–26.
- Torgesen, J. K. (2009). The response to intervention instructional model: Some outcomes from a large-scale implementation in reading first schools. *Child Development Perspectives*, 3(1), 38–40. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2009.00073.x>.
- Vellutino, F. R., Scanlon, D. M., Small, S., & Fanuele, D. P. (2006). Response to intervention as a vehicle for distinguishing between children with and without reading disabilities: Evidence for the role of kindergarten and first-grade interventions. *Journal of Learning Disabilities*, 39(2), 157–169.
- Wadsworth, S. J., DeFries, J. C., Stevenson, J., Gilger, J. W., & Pennington, B. F. (1992). Gender ratios among reading-disabled children and their siblings as a function of parental impairment. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 33(7), 1229–1239.
- Willcutt, E. G., & Pennington, B. F. (2000). Psychiatric comorbidity in children and adolescents with reading disability. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41(8), 1039–1048. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00691>.
- Willcutt, E. G., Pennington, B. F., Olson, R. K., & DeFries, J. C. (2007). Understanding comorbidity: A twin study of reading disability and attention-deficit/hyperactivity disorder. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics*, 144B(6), 709–714. <https://doi.org/10.1002/ajmg.b.30310>.
- Wilson, S. B., & Lonigan, C. J. (2010). Identifying preschool children at risk of later reading difficulties: Evaluation of two emergent literacy screening tools. *Journal of Learning Disabilities*, 43(1), 62–76. <https://doi.org/10.1177/0022219409345007>.
- Wolf, K. M., Schroeders, U., & Kriegbaum, K. (2016). Metaanalyse zur Wirksamkeit einer förderung der phonologischen bewusstheit in der deutschen sprache. [Promoting phonological awareness in German: A meta-analysis]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 30(1), 9–33. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000165>.
- Ziegler, J., Bertrand, D., Toth, D., Csepe, V., Reis, A., Faisca, L., ... Blomert, L. (2010). Orthographic depth and its impact on universal predictors of reading: A cross-language investigation. *Psychological Science*, 21(4), 551–559. <https://doi.org/10.1177/0956797610363406>.
- Ziegler, J., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131(1), 3.

STUDIE 2: Die Rolle der morphologischen Bewusstheit bei Lese- und Rechtschreibleistungen

Literaturangabe: Volkmer, S., Schulte-Körne, G., & Galuschka, K. (2019). Die Rolle der morphologischen Bewusstheit bei Lese- und Rechtschreibleistungen. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*. doi:10.1024/1422-4917/a000652

Angenommen am 22.01.2018

Online publiziert am 18.03.2019

Die Rolle der morphologischen Bewusstheit bei Lese- und Rechtschreibleistungen

Susanne Volkmer, Gerd Schulte-Körne und Katharina Galuschka

Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie,
Klinikum der Universität München, München

Zusammenfassung: *Fragestellung:* Obwohl die morphologische Bewusstheit (MB) eine wichtige Rolle beim Schriftspracherwerb spielt, ist sie im deutschsprachigen Raum wenig untersucht und es gibt keine publizierten Testverfahren dafür. Diese Studie untersucht den Zusammenhang der MB mit verschiedenen Maßen der Lesefähigkeit, mit der Rechtschreibfähigkeit und der phonologischen Bewusstheit (PB) bei deutschsprachigen Kindern. *Methodik:* Um die MB zu erheben, wurde ein MB-Screening entwickelt. 172 Zweitklässler wurden hinsichtlich Lesegeschwindigkeit, Leseflüssigkeit, lautierendem Lesen von Pseudowörtern und Rechtschreibleistungen sowie ihrer MB und PB getestet. *Ergebnisse:* Die MB korrelierte auch im Deutschen mit den erhobenen Maßen der Lesefähigkeit sowie mit der Rechtschreibfähigkeit und der PB. Die MB konnte sowohl zusätzlich zur PB als auch alleine einen signifikanten Beitrag an Varianz der Lesegeschwindigkeit, Leseflüssigkeit und Rechtschreibleistung aufklären. Beim lautierenden Lesen von Pseudowörtern war die zusätzliche Varianzaufklärung durch die MB hingegen nicht signifikant. Außerdem war die Varianzaufklärung sowohl einer Lesestörung als auch einer Rechtschreibstörung durch die MB alleine signifikant. *Schlussfolgerungen:* Die Ergebnisse bestätigen die wichtige Rolle der MB im Schriftspracherwerb auch im Deutschen. Besonders für die Förderung nicht nur der Rechtschreibung, sondern bspw. auch der schwer zu fördernden Lesegeschwindigkeit, ist die MB ein vielversprechender Ansatz.

Schlüsselwörter: Morphologische Bewusstheit, phonologische Bewusstheit, Leseleistungen, Rechtschreibleistungen, Lese-Rechtschreib-Schwierigkeiten

The role of morphological awareness in reading and spelling performance

Abstract: *Objective:* Although morphological awareness (MA) is known to be important for literacy acquisition, there are few studies – and no tests – to assess it in the German language. This study evaluates the relationship between MA and three different reading measures as well as spelling and phonological awareness (PA) in German children. *Method:* To assess MA, we developed an MA screening instrument. We then assessed reading speed, fluency, pseudoword decoding, spelling, MA, and PA of 172 2nd-graders. *Results:* MA correlated significantly with the three reading measures as well as spelling and PA, and it explained significant variance of reading speed, fluency, and spelling both in addition to PA and on its own. MA did not account for additional variance of pseudoword decoding. The variance explained by MA was significant for reading and for spelling disorders. *Conclusions:* The results demonstrate that MA is very important also for German literacy acquisition. Including MA is a promising approach not only for spelling, but also for reading interventions.

Keywords: Morphological awareness, phonological awareness, reading, spelling, dyslexia risk

Einleitung

Bei der Diskussion um Vorläuferfertigkeiten und Prädiktoren von Lese-Rechtschreibleistungen wird meistens die phonologische Bewusstheit (PB) genannt, außerdem Wortschatz, Buchstabenkenntnis und Rapid Automated Naming (RAN; Moll et al., 2016; Schneider, 2009). Nur wenige Modelle des Schriftspracherwerbs gehen genauer auf die Rolle der Morphologie ein (z.B. Seymour, 1997; Seymour, Aro & Erskine, 2003). Die Morphologie be-

schäftigt sich mit der Analyse von Flexionen (Konjugation und Deklination), Derivationen (Wortbildungen, oft mit Wortart-/Bedeutungsänderung) und Kompositionen (Zusammensetzungen). Morpheme werden als die kleinsten bedeutungstragenden Einheiten der Sprache (z.B. Pluralmorphem *-e* in *Berg-e*) definiert. Die morphologische Bewusstheit (MB) beschreibt die Fähigkeit, Morpheme in Wörtern zu analysieren und zu manipulieren. Sie ist (wie auch die PB) ein Teil der linguistischen Bewusstheit (Carlisle & Feldman, 1995).

Entwicklung der MB

Die MB entwickelt sich schrittweise. Mit 2 bis 3 Jahren beginnen Kinder, mit der Kombination von Morphemen zu experimentieren und neuartige Bezeichnungen zu bilden, für die sie noch kein Wort kennen (z.B. „Schießmann“ für Soldat, „klavieren“ für Klavier spielen; Stern & Stern, 1922). Übergeneralisierungen von regelmäßigen/häufigen Morphemen, wenn ein unregelmäßiges/seltene Morphem verlangt wird (z.B. Partizip Perfekt „gegeht“ für „gegangen“) oder bei der Pluralbildung (z.B. des häufigen Pluralmorphems *-e*), werden angewendet (MacWhinney, 1978). Dies zeigt, dass bereits Kleinkinder in der Lage sind, Regeln der Wortbildung zu erkennen und anzuwenden, also sehr früh in der Sprachentwicklung schon morphologisches Wissen vorhanden ist, auch wenn es am Anfang noch implizit ist. Solch implizites Wissen kann zwar angewendet werden, wenn linguistische Information verarbeitet wird, eine Analyse des Prozesses ist aber nicht möglich (Nagy, Berninger, Abbott, Vaughan & Vermeulen, 2003). Schon Zweijährige können bei Pseudowörtern Pluralbildungen vornehmen und zeigen damit implizites morphologisches Wissen (Berko, 1958). Erst im Laufe der Grundschulzeit wird die MB expliziter (bewusster). Diese Entwicklung scheint mit dem Schriftspracherwerb verknüpft zu sein (Casalis, Colé & Sopo, 2004; Fink, Pucher, Reicher, Purgstaller & Kargl, 2012). Es wird angenommen, dass sich häufige Buchstabenkombinationen stärker im lexikalischen Gedächtnis verankern. In einer Studie von Deacon, Whalen und Kirby (2011) lasen Vier-, Sechs- und Achtklässler seltene Wörter schneller, die ein häufiges Stammmorphem enthielten. Besonders das Schreiben von Morphemen, die nicht aufgrund ihrer Phonologie richtig geschrieben werden können, stärkt die MB (Nunes, Bryant & Bindman, 2006). Während Erstklässler noch wenig nach bekannten bedeutungstragenden Einheiten in unbekannten Wörtern suchen, tun Drittklässler dies schon mehr (Carlisle & Fleming, 2003). Verschiedene Bereiche der MB entwickeln sich dabei zu unterschiedlichen Zeiten: In der ersten Klasse ist die Bewusstheit über Flexionen stärker ausgeprägt als die über Derivationen (Wolter, Wood & D'zatko, 2009), die sich noch bis weit in den Sekundarschulbereich weiterentwickelt (Berninger, Abbott, Nagy & Carlisle, 2010; Mann, 2000; Nagy, Carlisle & Goodwin, 2014). Der Schriftspracherwerb wirkt sich natürlich nicht nur auf die MB aus, sondern der Prozess ist zweiseitig. Die MB gewinnt daher eher während der Schulzeit noch an Bedeutung (Berninger et al., 2010; Nagy et al., 2003).

Rolle der MB beim Schriftspracherwerb

Studien haben gezeigt, dass die MB wenig mit nonverbalen Intelligenzmaßen, wie z.B. Block Design ($r = .15$; Muroya et al., 2017) und Figurenerkennen ($r = .30$; Deacon & Kirby, 2004), sowie mit verbalen Intelligenzmaßen, wie z.B. verbale Raumbeziehungen ($r = .36$; Deacon & Kirby, 2004;), aber sehr hoch mit dem Wortschatz korreliert ($r = .91$; Wagner, Muse & Tannenbaum, 2007). Morpheme spielen eine zentrale Rolle bei der Wortbildung und lexikalischen Verarbeitung. Die MB erleichtert deshalb das Lernen neuer Wörter und das Bilden von lexikalischen Repräsentationen. Die Qualität der lexikalischen Repräsentationen wiederum trägt zur Lesekompetenz bei (Reichle & Perfetti, 2003), da sie die automatische Worterkennung ermöglichen. So korreliert die MB ab Beginn der ersten Klasse über mehrere Jahre hinweg bis in die Sekundarschule hinein hoch mit verschiedenen Bereichen der Lesefähigkeit. Korrelationen wurden für die Wortlesegeschwindigkeit ($r = .57$; Kirby et al., 2012), das Wortlesen ($r = .53$ bis $.65$; Deacon, Holliman, Dobson & Harrison, 2018; Deacon & Kirby, 2004), Pseudowortlesen ($r = .65$ bis $.69$; Deacon & Kirby, 2004) und Leseverständnis ($r = .47$ bis $.70$; Apel, Wilson-Fowler, Brimo & Perrin, 2012; Deacon et al., 2018) gefunden, auch nachdem für Wortschatzeffekte kontrolliert wurde. Der Anteil der MB an Varianzaufklärung der Wort- und Pseudowortleseleistung (ca. 9%) ist auch über die PB hinaus signifikant (Apel, Diehm & Apel, 2013; Wolter et al., 2009). Außerdem korreliert die MB mit der Rechtschreibleistung ($r = .75$; Apel et al., 2012) und trägt zusätzlich zur PB signifikant zu ihrer Varianzaufklärung bei (9.6%; Wolter et al., 2009). Eine gut ausgeprägte MB ermöglicht das Anwenden einer morphematischen Rechtschreibstrategie (Fink et al., 2012). Durch das Erkennen von bekannten Morphemen, z.B. eines wiederkehrenden Wortstamms, kann die richtige Schreibung eines Wortes abgeleitet werden (Weiss, Grabner, Kargl, Purgstaller & Fink, 2010). Dies ist möglich aufgrund des (neben dem *Lautprinzip*) geltenden *Stammprinzips* der deutschen Orthografie (Gallmann & Sitta, 1996), nach dem verwandte Wörter und Wortformen gleich geschrieben werden.

Kinder mit Lese-Rechtschreibschwierigkeiten zeigten in mehreren Studien niedrigere Leistungen in der MB als Kinder der gleichaltrigen Kontrollgruppe. Im Vergleich mit einer nach Leseleistung gematchten jüngeren Kontrollgruppe fanden einige Studien ebenfalls niedrigere, manche Studien allerdings sogar höhere MB-Leistungen in bestimmten Bereichen bei den betroffenen Kindern. So produzierten sie bspw. bei einer Satzergänzungsaufgabe mehr Wortstämme und Ableitungen (Deacon, Parrila & Kirby, 2008), was als Kompensationsleistung interpretiert wurde (Casalis et al., 2004): Kinder mit

Lese-Rechtschreibschwierigkeiten schneiden zwar, im Vergleich mit gleich gut lesenden jüngeren Kindern, in Phonem- und Morphemanalysen schlechter ab. Die Fähigkeit, Derivationen im Kontext, also mit zusätzlicher semantischer Information, produzieren zu können, ist jedoch weitgehend unabhängig von phonologischen Fähigkeiten. Bei beeinträchtigten phonologischen Fähigkeiten verlassen sich betroffene Kinder stärker auf semantische und morphologische Informationen und schneiden deshalb in solchen Aufgaben besser ab als die jüngeren, unbeeinträchtigten Leser. Das morphologische Wissen kann also als Kompensationsstrategie genutzt werden (Bowers & Bowers, 2017; Cavalli, Duncan, Elbro, El Ahmadi & Colé, 2017).

Der Großteil der angeführten Literatur stammt aus dem angloamerikanischen Raum. Englisch gilt als eine Sprache mit einer nichttransparenten Orthografie. Die Buchstabe-Laut- und Laut-Buchstabe-Zuordnung ist häufig nicht konsistent. Viele Schreibweisen repräsentieren die morphologische Struktur eines Wortes besser als die phonologische („health“, nicht „helth“, da das Stammmorphem „heal“ ist; Bowers & Bowers, 2017; Castles, Rastle & Nation, 2018). Im Deutschen ist die Buchstabe-Laut-Zuordnung weitaus transparenter. Die morphologische Struktur eines Wortes muss deshalb häufig nicht herangezogen werden, um es richtig zu dekodieren. Ergebnisse zur MB aus dem englischsprachigen Raum können also nicht ohne Weiteres auf das Deutsche übertragen werden. Allerdings könnte morphologisches Wissen auch im Deutschen eine schnelle, automatische Worterkennung ermöglichen, die für eine angemessene Lesegeschwindigkeit notwendig ist. Auch für die in der Rechtschreibung häufigeren Inkonsistenzen im Deutschen kann die Morphologie effizient genutzt werden. Hinzu kommt, dass die deutsche Sprache morphologisch reichhaltiger ist als das Englische. Es kann also angenommen werden, dass die MB auch im Deutschen eine wichtige Rolle spielt, wenngleich aufgrund der genannten Unterschiede zum Englischen eigene Untersuchungen notwendig sind. Diese gibt es bisher nur in sehr begrenztem Ausmaß. Eine Studie untersuchte den Zusammenhang des Heidelberger Vorschulscreenings (Brunner et al., 2001) mit späteren Lese- und Rechtschreibleistungen. Es wurden niedrige, jedoch signifikante Korrelationen des im letzten Kindergartenjahr durchgeführten Morphologieuntertests mit der Lesegeschwindigkeit (Würzburger Leise Leseprobe [WLLP], $r = .22$) und Rechtschreibleistung (Weingartener Grundwortschatz Rechtschreibtest [WRT 1+], $r = .27$) 2 Jahre später gefunden (Troost, Brunner & Pröschel, 2004). Landerl und Reitsma (2005) verglichen Verständnis und Anwendung orthografischer Prinzipien bei deutschen und niederländischen Zweit- bis Viertklässlern: Im Deutschen sind Wörter im Singular und Plural meist morphologisch konsistent (z. B.

Boot – Boote), die Schreibweise der Vokale ist aber teilweise phonologisch nicht konsistent. Um das Wort korrekt zu schreiben, muss die Schreibung des Wortstammes bekannt sein, also Morphemwissen angewendet werden. Im Niederländischen hingegen sind Singular- und Pluralform nicht morphologisch, sondern phonologisch konsistent. Niederländische und deutsche Kinder scheinen jedoch beide sowohl das Prinzip der phonologischen Konsistenz, das bei den deutschen Kindern zu Rechtschreibfehlern führte, als auch das Prinzip der morphologischen Konsistenz anzuwenden, das bei den niederländischen Kindern Rechtschreibfehler hervorrief. Die Untersuchung zeigt, dass deutschsprachige Kinder ab der zweiten Klasse das Prinzip der morphologischen Konsistenz anwenden. Das Prinzip kann genutzt werden, um richtig zu schreiben. Bei nichttransparenten Schreibungen bleiben oft Morphem-einheiten erhalten, jedoch auf Kosten der Laut-Buchstabe-Konsistenz (Mann, 2000). Morphologische Informationen können deshalb die Verbindung zwischen geschriebenem und gesprochenem Wort erleichtern (Beringer et al., 2010).

Erhebung der MB

Ein möglicher Grund für die geringe Beachtung, die die MB besonders im deutschsprachigen Raum erfährt, ist der Mangel an Testverfahren. Es gibt kein publiziertes deutschsprachiges Testverfahren zur Erhebung der MB. Lediglich einige Sprachtests haben Untertests zur morphologischen Regelbildung, jedoch meist für Kinder im Kindergarten-/Vorschulalter (Brunner et al., 2001; Dickmann et al., 1994; Grimm, Aktas & Frevert, 2001; Grimm & Schöler, 1998).

Im englischsprachigen Raum findet man in der Literatur verschiedene Testaufgaben, die versuchen, das Konstrukt der MB messbar zu machen. Häufig werden Satzergänzungstests angewendet. Meist erfordern die Aufgaben eine eigene Antwortgenerierung, was schwieriger ist, als lediglich zwischen angegebenen Alternativen zu wählen (Deacon et al., 2008). Am häufigsten werden Derivationsaufgaben eingesetzt (*She loves to bake, so we can say she is a ...*; Moll, Loff & Snowling, 2013). Auswahlaufgaben verlangen, das grammatikalisch passende Wort auszuwählen (*Did you hear the ...? → directs, directions, directing, directed*; Nagy et al., 2003). Dekompositionsaufgaben erfordern es, ein Wort zu zerlegen und aus diesen Wortteilen die gesuchte Form zu finden (*Driver. Children are too young to ...*; Elbro & Arnbak, 1996), während in Aufgaben zur morphologischen Konstruktion durch Kombination zuvor gelernter Morpheme ein Wort hergeleitet werden soll (*Early in the morning, we can see the sun coming up. This is called a sunrise. At night, we might also see the moon coming up. What*

could we call this?; Muse, 2005). Flexionen, z.B. Pluralbildung, werden auch häufig im Satzkontext angewendet. Die meisten der genannten Aufgaben sind auch mit Pseudowörtern durchführbar.

Aufgaben ohne Satzkontext enthalten keine semantische Information, verlangen dafür aber häufig nur, aus vorgegebenen Alternativen auszuwählen. Die Wortstammidentifikation (*sagesse* → *sage*; Casalis et al., 2004) erfordert dabei wieder eine Dekomposition des Wortes. Auch bei der Wortstammdiskrimination muss das Wort gedanklich dekomponiert werden (*Bei welchem Wort hat der allen Wörtern gemeinsame Teil eine andere Bedeutung? Classroom, bedroom, mushroom*; Ku & Anderson, 2003), ähnlich bei der Identifikation von Wortverwandschaft (*ill – illegal, magic – magician*; Mahony, 1994). Um die Bedeutung von Derivationen herzuleiten, ist ein Verständnis der einzelnen Morpheme nötig (Bedeutung von *reachable* auswählen; Zhang, 2013). Kompositionsaufgaben verlangen ein Verständnis darüber, welcher Teil eines Kompositums die grammatikalischen Eigenschaften bestimmt (*Which is a better name for a bee that lives in the grass? Grass bee or bee grass*; Nagy et al., 2003).

Da Flexionen schon relativ früh gut gemeistert werden können (Wolter et al., 2009), kann es hier eher zu Deckeneffekten kommen, während das Wissen über Derivationen sich bis in höhere Klassen weiterentwickelt (Berninger et al., 2010; Carlisle & Fleming, 2003; Nagy et al., 2014) und somit noch länger zwischen Kindern mit unterschiedlich ausgeprägter MB zu trennen vermag. Auch zwischen schwachen und starken Lesern scheinen Aufgaben, die Derivationen verlangen, besser zu trennen als Flexionen, weil starke Leser die meisten Flexionen schon ohne Probleme meistern können und es dadurch im oberen Leistungsbereich keine Varianz mehr gibt (Deacon et al., 2008). Außerdem sind Aufgaben, bei denen selbst ein Wort produziert werden muss, ebenfalls besser geeignet, zwischen guten und schlechten Lesern zu trennen, als wenn lediglich zwischen Alternativen gewählt werden muss (Deacon et al., 2008).

Muse (2005) untersuchte faktorenanalytisch die Dimensionalität von morphologischem Wissen und den Einfluss des Antwortformats. Implizite MB wurde dabei als Gebrauch von morphologischem Wissen definiert: als die Fähigkeit, morphologische Einheiten richtig anzuwenden, ohne die Anwendung erklären zu können. Explizite MB hingegen stellte die Fähigkeit, über Morpheme zu reflektieren und sie bewusst zu manipulieren, dar. Für die Studie lösten Viertklässler verschiedene Morphologietestaufgaben: morphologische Struktur (Satzergänzungstest Dekomposition und Derivation), richtige Derivation auswählen (Wort/Pseudowort mit passender Nachsilbe auswählen), Komposition richtig bilden, Wortverwandschaft identifizieren, Morphemidentifikation und mor-

phologische Konstruktion. In der darauffolgenden Datenanalyse zeigte sich, dass das Konstrukt der Morphologie am besten durch einen Faktor dargestellt wird und verschiedene Aufgaben alle dasselbe Konstrukt zu messen scheinen. Dies wurde als Hinweis darauf interpretiert, dass implizite und explizite MB keine theoretisch getrennten Kategorien sind, die separat erhoben werden müssten. Auch die Art des Antwortformats (Antwortgenerierung vs. Multiple-Choice-Antworten) schien keinen Einfluss auf die Ergebnisse zu haben, ebenso wenig wie die Art der Durchführung (mündlich vs. schriftlich).

Fragestellungen

Obwohl die MB beim Schriftspracherwerb eine wichtige Rolle spielt, erfährt sie bisher weder in der Literatur noch in der Praxis eine große Beachtung. Mit vorliegender Studie wollen wir das Konstrukt der MB weiter untersuchen, um auch für den deutschsprachigen Raum Erkenntnisse über die Bedeutung für den Schriftspracherwerb zu gewinnen. Zur Erhebung der MB wurde zuerst ein Screeningverfahren entwickelt, mit dessen Hilfe folgende Fragestellungen untersucht werden sollten:

1. Wie hoch ist der Zusammenhang der MB mit der Lesegeschwindigkeit, Leseflüssigkeit und dem lautierenden Lesen von Pseudowörtern sowie mit der Rechtschreibleistung und der PB bei deutschsprachigen Zweitklässlern? Es wird erwartet, auch für deutschsprachige Kinder signifikante Korrelationen zwischen der MB und den erhobenen Lese-Rechtschreibleistungen zu finden.
2. Wieviel Varianz der Lese- und der Rechtschreibleistung wird durch die MB zusätzlich zur PB und alleine durch die MB erklärt? Es wird eine signifikante Varianzaufklärung der erhobenen Lese-Rechtschreibleistungen durch die MB zusätzlich zur PB sowie alleine durch die MB erwartet.
3. Wieviel Varianz einer Lese- oder Rechtschreibstörung wird durch die MB erklärt? Es wird angenommen, dass durch die MB ein signifikanter Varianzanteil einer Lese- oder Rechtschreibstörung erklärt wird.

Methodik

Stichprobe

Die Erstellung des Screeningverfahrens zur Erhebung der MB und die anschließende Erhebung fanden im Rahmen einer Längsschnittstudie zur Leseentwicklung statt. Zwölf Klassen aus vier Grundschulen nahmen an der Stu-

die teil. Zu Beginn der Studie waren die Kinder in der ersten Klasse. Die Erhebung der MB erfolgte Mitte der zweiten Klasse. Zwölf Grundschulen wurden aus verschiedenen für München repräsentativen Stadtteilen ausgewählt. Anschließend wurden vier Schulen ausgewählt und per Brief über die Studie informiert. Die Eltern aller Kinder erhielten ein Informationsschreiben mit Einwilligungserklärung, die für 234 Kinder ausgefüllt wurde. Ausschlusskriterien waren geringe Deutschkenntnisse und Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS), wodurch 34 Kinder ausgeschlossen werden mussten. 200 Kinder konnten in die Studie eingeschlossen werden. Bei der Erhebung der MB Mitte der zweiten Klasse konnten noch 172 Kinder (einschließlich 14 neu hinzugekommener) in die statistische Analyse aufgenommen werden. Die nicht mehr teilnehmenden Kinder waren zum Teil verzogen oder die Eltern erteilten ihr Einverständnis nicht. Die Studiendurchführung wurde von der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München positiv bewertet.

Testverfahren

In der zweiten Klasse wurden folgende Schriftsprachfähigkeiten erhoben: die Lesegeschwindigkeit (*Würzburger Leise Leseprobe Revision* [WLLP-R], Retest-Reliabilität 14 Wochen: $r_{tt} = .76$, konvergente Validität [DLF]: $r = .51$ bis $.68$; Schneider, Blanke, Faust & Küspert, 2011), die Leseflüssigkeit (Ein-Minuten-Leseflüssigkeitstest aus dem *Salzburger Lese- und Rechtschreibtest* [SLRT-II], Paralleltestreliabilität: $r = .90$ bis $.98$, konvergente Validität [SLS 1-4]: $r = .69$ bis $.92$; Moll & Landerl, 2010) und die Rechtschreibung (*Weingartner Grundwortschatz Rechtschreib-Test für erste und zweite Klassen* [WRT 1+], konvergente Validität [DT]: $r = .80$ bis $.82$; Birkel, 2007). Außerdem wurde die PB anhand zweier Unteraufgaben des *TEPHOBE* (*Test zur Erfassung der phonologischen Bewusstheit und der Benennungsgeschwindigkeit*, Cronbachs $\alpha = .61$ bis $.78$, konvergente Validität [BISC]: $r = .42$; Mayer, 2013) erhoben: der Subtest Phonemelision (bestimmten Laut in mündlich vorgegebenem Wort weglassen) und der Subtest Phonemumkehr (mündlich vorgegebenes Wort rückwärts aufschreiben). Die MB wurde mit einem selbst entwickelten Screeningverfahren getestet. Zusätzlich füllten die Eltern der teilnehmenden Kinder den *Fragebogen zu Stärken und Schwächen* (*Strength and Difficulties Questionnaire* [SDQ]; Goodman, 1997) aus, ein kurzes Screening zu Verhaltensauffälligkeiten. Der SLRT-II wurde in Einzeltestung erhoben, alle anderen Tests im Klassensetting.

Entwicklung des MB-Screeningverfahrens

Wortmaterial und Aufgabenerstellung

Das verwendete Wortmaterial wurde den 10 000 häufigsten Wörtern der *Childlex-Datenbank* (6 bis 8 Jahre; Schroeder, Würzner, Heister, Geyken & Kliegl, 2015) entnommen. Insgesamt wurden 21 Testitems plus vier Beispielitems entworfen (siehe ESM 1 für das komplette Screening inklusive Instruktion). Die Aufgabe ist, durch Derivation eines vorgegebenen Wortes einen Satz richtig zu ergänzen, z. B.: „Gift. Die Schlange ist ...“. Lediglich bei den Beispielitems ist auch eine Flexion enthalten (Kind → Kinder). Das vorgegebene abzuleitende Wort ist immer ein Substantiv und freies Morphem. Die Derivation kann sowohl Suffigierung (Freund → Freundschaft) als auch Präfigierung (siegen → besiegen) enthalten. Die Wortart kann sich ändern (z. B. Angst → ängstlich), ebenso wie die Bedeutung des Wortes (Zeit → Zeitung). Fehler in Groß- und Kleinschreibung oder orthografisch falsche, jedoch lautgetreue Schreibung wurden nicht als Fehler gewertet. Das abzuleitende Wort sowie der damit zu vervollständigende Satz wurden vom Testleiter vorgelesen.

Die ursprünglichen 21 Items wurden nach der Testung hinsichtlich ihrer Schwierigkeit analysiert. Das Wort „Raum“ wurde ausgeschlossen, weil die entsprechende Ableitung „aufräumen“ nicht eindeutig genug war. Viele Kinder bildeten stattdessen „räumen“, „wegräumen“ oder Ähnliches.

Itemanalyse mittels Item Response Theory

Die Testkonstruktion wurde mittels der Item Response Theory (IRT) durchgeführt, bei der der Fokus auf dem Item selbst und nicht, wie bei der klassischen Testtheorie, auf dem Test als Ganzem liegt. Die IRT nimmt nicht an, dass alle Items gleich schwer sind, sondern bezieht die Schwierigkeit jedes Items (Item Characteristic Curve [ICC]) als Information in die Itemskalierung mit ein (für nähere Informationen siehe Thorpe & Favia, 2012 oder Wirtz & Strohmer, 2016).

Das IRT-Modell wurde mittels StataSE 14 berechnet. Abbildung 1 zeigt die ICCs, die die Schwierigkeit der einzelnen Items darstellt: Die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Antwort (Probability) steigt, je stärker die zugrunde liegende Fähigkeit (Ability) des Probanden (Theta) ausgeprägt ist. Ein Thetawert von 0 zeigt dabei eine durchschnittliche Ausprägung an. Hat ein Proband unserer Stichprobe bspw. ein durchschnittlich ausgeprägtes Theta, das in dem Fall die MB darstellt, liegt die Wahrscheinlichkeit, dass er das Item „Sieg“ (rote Linie) richtig löst, also die Derivation „siegen“ richtig bildet, bei ca. 0,4, also 40 %. Das leichteste Item „Durst“ (blaue Linie ganz

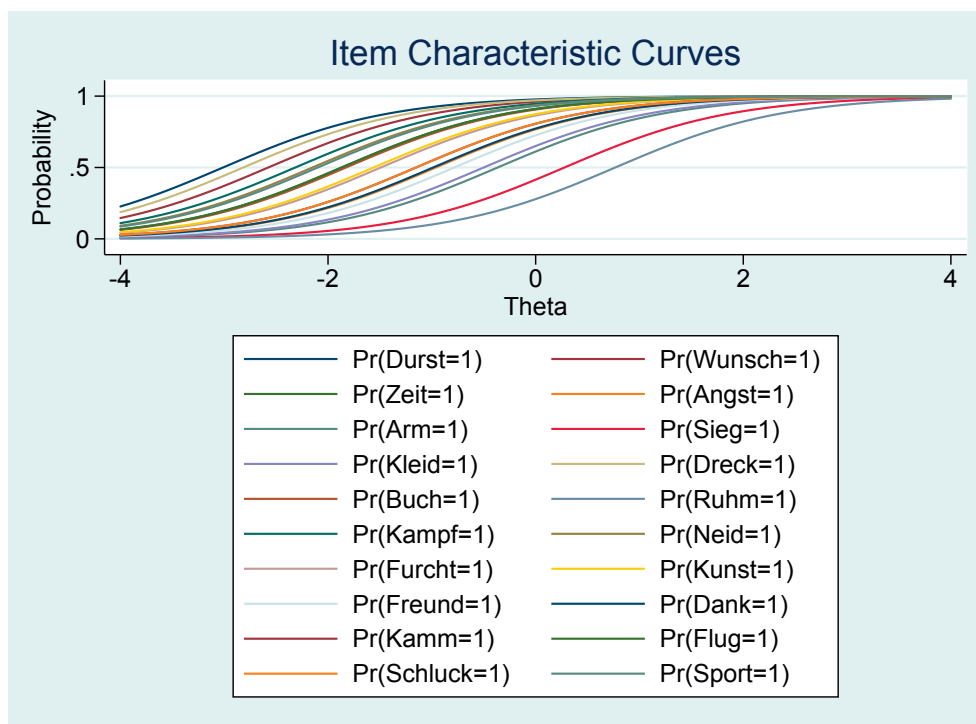


Abbildung 1. Item Characteristic Curves.

links) lässt sich hingegen auch bei niedriger MB (Theta kleiner 0) noch mit hoher Wahrscheinlichkeit lösen – die Kurve steigt sehr schnell über 50 % Lösungswahrscheinlichkeit.

Die ICC lassen erkennen, dass bei einigen Items die Wahrscheinlichkeit, sie zu lösen, auch bei einem niedrigen Theta sehr hoch ist, d.h., diese Items sind eher leicht. Fünf Items, deren Lösungswahrscheinlichkeit bei durchschnittlichem Theta bei über 0.9 (d.h. 90 %) lag, wurden aus dem Test ausgeschlossen, um eine angemessene Diskriminationsfähigkeit zu gewährleisten (Durst, Wunsch, Dreck, Kampf, Neid).

Das ESM 2 zeigt zusätzlich Itemschwierigkeiten und Trennschärfe aller Items nach der klassischen Testtheorie. Cronbachs α des Tests beträgt .745.

Statistische Analysen

Die weitere Auswertung der erhobenen Daten wurde mittels der Analysesoftware *SPSS Statistics 24* vorgenommen. Zur Berechnung des Zusammenhangs zwischen der MB und dem Lesen, Rechtschreiben und der PB wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Mittels Regressionsanalysen wurde der Anteil an Varianz berechnet, den die MB zusätzlich zur PB und alleine bei Leseleistungen und Rechtschreibleistungen erklärt.

Ergebnisse

Stichprobenbeschreibung

Die Stichprobenbeschreibung ist in Tabelle 1 zu sehen. Die SDQ-Werte von 91 % der Kinder lagen im unauffälligen Bereich. Mädchen erzielten bessere Werte in MB als Jungen ($t[170] = 2.54, p < .05$).

Zusammenhänge der MB mit Lese- und Rechtschreibmaßen und PB

Tabelle 2 zeigt die Korrelationen des Gesamtwertes des MB-Screenings mit den Lese-Rechtschreibleistungen und der PB. Da ein Teil der Daten, wie es bei Lese- und Rechtschreibtests häufig der Fall ist, nicht normalverteilt war, wurden Spearman-Korrelationen berechnet. Die Ergebnisse unterschieden sich kaum von den Pearson-Korrelationen. Signifikante mittlere Korrelationen der MB wurden mit nahezu allen erhobenen Maßen gefunden: Lesegeschwindigkeit (WLLP-R), Leseflüssigkeit und lautierendes Lesen von Pseudowörtern (SLRT-II), Rechtschreiben (WRT 1+) und PB (TEPHOBE Teil 1 und 2). Außerdem korrelierte die MB signifikant mit der Fehleranzahl beim Wortlesen, aber nicht beim Pseudowortlesen.

Um zu überprüfen, wieviel Varianz die MB bei den Lese- und Rechtschreibmaßen zusätzlich zur PB aufklärt, wur-

den Regressionsanalysen berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass die PB allein lediglich 6% der Varianz der Rechtschreibleistung aufklärte ($B = 0.39$, $t[1] = 3.18$, $p < .001$), während es nach Hinzufügen der MB 15% waren,

Tabelle 1. Stichprobenbeschreibung.

N	172
Geschlecht (m/w)	97/75
Alter (Monate)	93.83 (4.26)
SDQ	90.6% normal 4.3% grenzwertig 5.0% auffällig
WLLP-R T-Wert	51.52 (9.56)
SLRT-II Wörter T-Wert	49.38 (9.95)
SLRT-II Wörter Fehlerprozent	10.72% (10.77)
SLRT-II Pseudowörter T-Wert	50.26 (9.31)
SLRT-II Pseudowörter Fehlerprozent	10.66% (10.90)
WRT T-Wert	53.28 (8.68)
TEPHOBE 1 T-Wert	54.70 (6.88)
TEPHOBE 2 T-Wert	57.79 (9.84)
MB Rohwert (von 20)	15.81 (3.16)
MB Jungen/MB Mädchen	15.28 (3.29)/16.49 (2.85)

Anmerkung. $N = 172$. SDQ = Elternfragebogen zu Stärken und Schwächen, WLLP-R = Lesegeschwindigkeit, SLRT-II Wörter = Leseflüssigkeit, SLRT-II Pseudowörter = lautierendes Lesen von Pseudowörtern, WRT 1+ = Rechtschreibleistung, TEPHOBE 1 = Phonemelision, TEPHOBE 2 = Phonemumkehr, MB = morphologische Bewusstheit. Die Standardabweichung erscheint jeweils in Klammern.

Tabelle 2. Korrelationen der MB mit Lese- und Rechtschreibmaßen und PB.

	r (Spearman)	p
WLLP-R gesamt	.45	< .001
SLRT-II Wörter	.36	< .001
SLRT-II Wörter Fehler	-.29	< .001
SLRT-II Pseudowörter	.29	< .001
SLRT-II Pseudowörter Fehler	-.12	= .113
WRT 1+	.34	< .001
PB (TEPHOBE 1 und 2)	.24	= .002

Anmerkung. $N = 172$. WLLP-R = Lesegeschwindigkeit, SLRT-II Wörter = Leseflüssigkeit, SLRT-II Pseudowörter = lautierendes Lesen von Pseudowörtern, WRT 1+ = Rechtschreibleistung, PB = phonologische Bewusstheit.

die MB also 9% an zusätzlicher Varianz erklärte ($B = 0.36$, $t[2] = 4.08$, $p < .001$). Von der Wortleseflüssigkeit klärte die PB allein 13% der Varianz auf ($B = 3.00$, $t[1] = 4.99$, $p < .001$), die MB weitere 5% ($B = 1.37$, $t[2] = 3.13$, $p < .001$). Die Varianzaufklärung des lautierenden Lesens von Pseudowörtern durch die PB allein betrug 9% ($B = 1.31$, $t[1] = 4.02$, $p < .001$) und konnte durch Hinzufügen der MB nur um nichtsignifikante 2% gesteigert werden ($B = 0.46$, $t[2] = 1.89$, $p = .061$). Die Varianzaufklärung der Lesegeschwindigkeit durch die PB alleine betrug 11% ($B = 0.34$, $t[1] = 4.58$, $p < .001$), durch Hinzufügen der MB wurde sie auf 20% gesteigert ($B = 0.30$, $t[2] = 4.12$, $p < .001$).

Umgekehrt klärte die MB allein 12% der Varianz der Rechtschreibleistung auf ($B = 0.41$, $t[1] = 4.81$, $p < .001$), die PB lediglich weitere 2% ($B = 0.25$, $t[2] = 2.03$, $p = .044$). Von der Wortleseflüssigkeit konnte die MB allein 10% der Varianz aufklären ($B = 0.32$, $t[1] = 4.26$, $p < .001$), die PB weitere 8% ($B = 0.30$, $t[2] = 4.02$, $p < .001$). Beim lautierenden Lesen von Pseudowörtern betrug die Varianzaufklärung durch die MB 5% ($B = 0.30$, $t[2] = 4.02$, $p < .001$), durch die PB weitere 6% ($B = 0.26$, $t[2] = 3.35$, $p = .001$), womit der durch die MB aufgeklärte Beitrag nicht mehr signifikant war ($B = 0.15$, $t[2] = 1.89$, $p = .061$). Die MB alleine klärte 14% der Varianz der Lesegeschwindigkeit auf ($B = 0.37$, $t[1] = 5.14$, $p < .001$), die PB weitere 6% ($B = 0.25$, $t[2] = 3.43$, $p = .001$).

Mittels logistischer Regression wurde berechnet, ob die MB für eine Lese- bzw. Rechtschreibstörung einen signifikanten Anteil an Varianz aufklären konnte. Als Lesestörung wurde für die Berechnung ein unterdurchschnittliches Testergebnis ($PR < 16$) in allen drei Lesetests definiert, als Rechtschreibstörung ein unterdurchschnittliches Ergebnis im WRT 1+. Die MB leistete einen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung sowohl einer Lesestörung ($B = 0.26$, $p = .014$) als auch einer Rechtschreibstörung ($B = 0.27$, $p = .005$). Nach Hinzufügen der PB verfehlte der Beitrag der MB zur Varianzaufklärung einer Lesestörung allerdings knapp die Signifikanz ($B = 0.22$, $p = .056$); auch der zusätzliche Beitrag der PB war nicht signifikant ($B = 0.20$, $p = .190$). Zur Varianzaufklärung einer Rechtschreibstörung hingegen konnte die MB auch nach Hinzufügen der PB noch einen signifikanten Beitrag leisten ($B = 0.27$, $p = .011$); der zusätzliche Beitrag der PB war nicht signifikant ($B = -0.14$, $p = .447$). Die PB alleine klärte einen signifikanten Varianzanteil einer Lesestörung ($B = 0.31$, $p = .032$), nicht jedoch einer Rechtschreibstörung ($B = -0.04$, $p = .858$) auf.

In allen Regressionen wurde jeweils überprüft, ob das Geschlecht als Kovariate einen signifikanten Beitrag leistete. Dies war nicht der Fall.

Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der Rolle der MB für die Lese- und Rechtschreibleistungen von deutschsprachigen Zweitklässlern. Zu diesem Zweck wurden sowohl für verschiedene Lesemaße (Lesegeschwindigkeit, Leseflüssigkeit und lautierendes Lesen von Pseudowörtern) als auch für die Rechtschreibleistung die Korrelationen mit der MB untersucht. Außerdem wurde analysiert, wieviel Varianz der Lese-Rechtschreibleistungen die MB zusätzlich zur PB sowie alleine aufzuklären vermag. Die Varianzaufklärung einer Lese- und Rechtschreibstörung durch die MB wurde ebenfalls untersucht.

Es wurden signifikante Korrelationen der MB im mittleren Bereich mit allen Lesemaßen, der Rechtschreibleistung und der PB gefunden. Diese Ergebnisse bestätigen die in der angloamerikanischen Literatur wiederholt gefundenen Korrelationen zwischen der MB und Maßen der Lese-Rechtschreibfähigkeit und der PB (Apel et al., 2013; Nagy et al., 2003), wenn auch die vorliegenden Korrelationen etwas niedriger ausfielen. Die niedrigeren Korrelationen könnten auf verschiedene Variablen zurückzuführen sein, wie z. B. auf Unterschiede bzgl. Alter, Klassenstufe oder Unterricht, oder auf die verschiedenen Orthografien. In nichttransparenten Orthografien wie dem Englischen oder Französischen können morphologische Informationen die Verbindung zwischen geschriebenem und gesprochenem Wort besonders erleichtern (Berninger et al., 2010), da viele Wörter sowohl beim Schreiben als auch beim Lesen auf Morphemebene regelmäßiger sind als auf phonologischer Ebene (Nunes, Bryant & Olsson, 2003). Die deutsche Orthografie ist transparenter als die Englische. Lesefehler sind bereits Ende der ersten Klasse selten (Landerl & Wimmer, 2008). In der Schreibrichtung (Laut-Buchstabe-Korrespondenz) ist die deutsche Orthografie zwar weniger konsistent als in der Leserichtung (Buchstabe-Laut-Korrespondenz). In dem in dieser Studie verwendeten Rechtschreibtest (WRT 1+) finden sich jedoch hauptsächlich Wörter, bei denen die richtige Schreibung über die Laut-Buchstabe-Zuordnung erreicht werden kann. Es könnte also sein, dass die Korrelationen deshalb niedriger ausfallen, da für diese Wörter die MB nicht so relevant ist. Für Wortmaterial in Rechtschreibtests höherer Klassen, bei dem die einfache Laut-Buchstabe-Zuordnung nicht mehr zur richtigen Verschriftlichung führt, sondern z. B. die morphologische Konstantschreibung mehr Bedeutung hat, könnte man einen höheren Zusammenhang erwarten. Auch für die Leseleistungen wäre zu vermuten, dass die Korrelation mit der Zeit noch zunimmt, wenn die Kinder noch mehr zum Ganzwortlesen übergehen. So korrelierte die Wortlesegenauigkeit (Fehleranzahl) mit der MB,

nicht aber die Genauigkeit des lautierenden Lesens (Fehleranzahl Pseudowörter). Mithilfe der MB könnten Wortstämme automatisch erkannt und die entsprechenden Wörter schnell gelesen werden. Pseudowörter hingegen können nicht als Ganzwort gelesen werden, sondern müssen immer dekodiert werden.

Die zweite Fragestellung befasste sich mit der Varianzaufklärung des Rechtschreibens und der verschiedenen Lesemaße durch die MB. Die Ergebnisse der Regressionsanalysen zeigen, dass die MB zusätzlich zur PB 9 % an Varianz der Rechtschreibleistung, 5 % der Wortleseflüssigkeit und 9 % der Lesegeschwindigkeit aufklärte. Der signifikante Beitrag der MB an Varianzaufklärung bei den Lese- und Rechtschreibmaßen stimmt ebenfalls größtenteils mit Ergebnissen aus vorherigen Studien überein (z. B. Wolter et al., 2009). Beim lautierenden Lesen von Pseudowörtern konnte die MB bei unserer Stichprobe dagegen (anders als bspw. bei Wolter et al., 2009) keinen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung leisten. Für die Dekodierung der Pseudowörter, die kein den Kindern bekanntes Stammmorphem enthalten, scheint die MB keine entscheidende Rolle zu spielen.

Die MB alleine konnte bei allen vier erhobenen Maßen einen signifikanten Beitrag an Varianzaufklärung leisten, der am geringsten für das lautierende Lesen von Pseudowörtern ausfiel. Nach Hinzufügen der PB klärte diese bei allen Maßen zusätzlich zur MB einen signifikanten Anteil an Varianz auf. Beim lautierenden Lesen von Pseudowörtern hob ihr Beitrag den der MB auf, was gut zu den anderen Ergebnissen zum Pseudowortlesen passt.

Die Ergebnisse der dritten Fragestellung zeigen ebenfalls die große Relevanz der MB: Die MB alleine leistete einen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung sowohl einer Lesestörung als auch einer Rechtschreibstörung. Durch Hinzufügen der PB verfehlte der Beitrag der MB zur Varianzaufklärung einer Lesestörung knapp das Signifikanzniveau, bei der Rechtschreibstörung blieb ihr Beitrag auch nach Hinzufügen der PB signifikant. Diese Ergebnisse sind nicht nur für die Förderung, sondern auch im Hinblick auf Früherkennung von Risikofaktoren einer Lese-/Rechtschreibstörung höchst interessant. Selbstverständlich handelt es sich bei den für diese Studie gestellten Diagnosen lediglich um Forschungsdiagnosen. Den betreffenden Kindern wurde auf dieser Basis noch kein Attest ausgestellt, sie erhielten aber im Anschluss die Möglichkeit einer umfassenden Einzeltestung.

Die Intelligenz der Kinder wurde in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt, da sie lediglich bei einem Teil der Kinder erhoben worden war. Aufgrund der bisherigen Literatur (Deacon & Kirby, 2004; Muroya et al., 2017) wird jedoch davon ausgegangen, dass der Zusammenhang zwischen der MB und den Schriftsprachleistungen nicht ausschlaggebend durch die Intelligenz moderiert wird. Trotz-

dem wäre es wünschenswert, den Zusammenhang weiter zu untersuchen.

Mädchen erzielten im MB-Screening etwas bessere Ergebnisse als Jungen. Der Unterschied war signifikant. Das Geschlecht als Kovariate hatte allerdings in keiner der Regressionen einen signifikanten Einfluss auf die Lese- und Rechtschreibleistungen. Wir gehen davon aus, dass die besseren Ergebnisse der Mädchen sich durch generelle stärkere sprachliche Fähigkeiten erklären lassen, die wiederholt gefunden wurden (Babayigit, 2015; Voyer & Voyer, 2014) und sich schon zu Beginn der Sprachentwicklung zeigen (Eriksson et al., 2012).

Insgesamt wird durch die Ergebnisse die Bedeutung der MB für den Schriftspracherwerb im Deutschen deutlich. Trotzdem findet die MB im Vergleich bspw. mit der PB noch wenig Beachtung. Im deutschsprachigen Raum gab es bisher kein publiziertes Testverfahren zur Erhebung der MB. Mit dem von uns entwickelten Screening wird es zukünftig möglich sein, in der zweiten Klasse die MB schnell und einfach in der Gruppe zu erheben. Die Ergebnisse könnten bspw. bei einem Screening zur Erfassung einer Lese-/Rechtschreibstörung als zusätzliches Maß einbezogen werden. Eine Erweiterung bzw. Änderung des MB-Screenings zur Anwendung in der ersten Klasse, oder sogar noch früher, wäre denkbar, um es zur Risikovorhersage anwenden zu können. Auch vor Schriftspracherwerb könnte so z. B. mündlich implizites, noch nicht bewusstes, morphologisches Wissen getestet werden. Denkbar wäre auch, bei allen Kindern mit auffälligen Werten im Screening im Anschluss noch eine mündliche Testung der MB im Einzelsetting durchzuführen. Auch wenn in dem für diese Studie entwickelten Screening orthografische Fehler nicht beachtet wurden, kann eine mündliche Einzeltestung, die ganz unabhängig von Schriftsprachleistungen ist, eventuell weitere Erkenntnisse bringen. Ein klassenweites, zeitökonomisches Screening sollte bei auffälligen oder unklaren Ergebnissen immer noch durch eine Einzeltestung ergänzt werden.

Kinder, die niedrige Werte im MB-Screening (und eventuell in einer mündlichen Testung im Anschluss) erzielen, könnten von einem Training in MB profitieren. Arbeiten aus dem englischsprachigen Raum konnten die Effektivität von Fördermaßnahmen der MB bei Kindern mit Lese-Rechtschreibschwierigkeiten zeigen (siehe Review von Bowers, Kirby & Deacon, 2010; Carlisle, 2010; Goodwin & Ahn, 2013). Erste deutschsprachige Befunde konnten dies für den deutschen Sprachraum bestätigen (Weiss et al., 2010). Viele deutschsprachige Rechtschreibtrainings enthalten Elemente der MB-Förderung. Eine MB-Förderung könnte auch besonders bei Kindern, die schon gut lautierend, aber noch langsam lesen, effektiv sein, um die meist schwer zu fördernde Lesegeschwindigkeit zu steigern. Lesetrainings auf Basis von Mor-

phembausteinen könnten ein erfolgversprechender Ansatz zur Förderung der Lesegeschwindigkeit sowie der Leseflüssigkeit sein. Die MB könnte also sowohl zum Erkennen von Förderbedarf als auch zur Förderung selbst herangezogen werden, und das sowohl bei Rechtschreibschwierigkeiten als auch bei Problemen mit der Lesegeschwindigkeit und -flüssigkeit. Da auch Kinder ohne Lese-Rechtschreibschwierigkeiten von einem MB-Training profitieren (Nagy et al., 2014), wäre auch ein klassenweiter Einsatz denkbar. Nicht nur bei älteren Kindern zeigten sich Interventionseffekte (Bangel, Müller & Knigge, 2015); auch ein MB-Training im Kindergarten konnte spätere Lese-Rechtschreibleistungen verbessern (Lyster, Lervåg & Hulme, 2016) und wäre somit als präventiver Ansatz denkbar. Insgesamt zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie die wichtige Rolle der MB beim Schriftspracherwerb, die in der Früherkennung und Förderung stärker berücksichtigt werden sollte.

Elektronisches Supplement

Das elektronische Supplement (ESM) ist mit der Onlineversion dieses Artikels verfügbar unter <https://doi.org/10.1024/1422-4917/a000652>.

ESM 1. Tabelle.

Morphologiescreening.

ESM 2. Tabelle.

Itemschwierigkeit und Trennschärfe aller Items.

Literatur

- Apel, K., Diehm, E. & Apel, L. (2013). Using multiple measures of morphological awareness to assess its relation to reading. *Topics in Language Disorders*, 33, 42–56. doi:10.1097/TLD.0b013e318280f57b
- Apel, K., Wilson-Fowler, E.B., Brimo, D. & Perrin, N.A. (2012). Meta-linguistic contributions to reading and spelling in second and third grade students. *Reading and Writing*, 25, 1283–1305. doi:10.1007/s11145-011-9317-8
- Babayigit, S. (2015). The dimensions of written expression: Language group and gender differences. *Learning and Instruction*, 35, 33–41. doi: 10.1016/j.learninstruc.2014.08.006
- Bangel, M., Müller, A. & Knigge, M. (2015). Zur Entwicklung morphologischer Bewusstheit und basaler Lesefähigkeiten durch strukturbezogene Arbeit an komplexen Wörtern. Ergebnisse einer Interventionsstudie in Klasse 5. *Unterrichtswissenschaft*, 43, 354–373. doi:10.3262/UW1504354
- Berko, J. (1958). The child's learning of English morphology. *Word*, 14, 150–177. doi:10.1080/00437956.1958.11659661
- Berninger, V.W., Abbott, R.D., Nagy, W.E. & Carlisle, J.F. (2010). Growth in phonological, orthographic, and morphological awareness in grades 1 to 6. *Journal of Psycholinguistic Research*, 39, 141–163. doi:10.1007/s10936-009-9130-6

- Birkel, P. (2007). *WRT 1+ Weingartener Grundwortschatz Rechtschreib-Test für erste und zweite Klassen* (2., neu normierte und vollständig überarb. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Bowers, J.S. & Bowers, P.N. (2017). Beyond phonics: The case for teaching children the logic of the English spelling system. *Educational Psychologist*, 52, 124–141. doi:10.1080/00461520.2017.1288571
- Bowers, P.N., Kirby, J.R. & Deacon, S.H. (2010). The effects of morphological instruction on literacy skills: A systematic review of the literature. *Review of Educational Research*, 80, 144–179. doi:10.3102/0034654309359353
- Brunner, M., Pfeiffer, B., Schlüter, K., Steller, F., Möhring, L., Heinrich, I. et al. (2001). *Heidelberger Vorschulscreening zur auditiv-kinästhetischen Wahrnehmung und Sprachverarbeitung (HVS). Testanweisung und Auswertung*. Wertingen: Westra.
- Carlisle, J.F. (2010). Effects of instruction in morphological awareness on literacy achievement: An integrative review. *Reading Research Quarterly*, 45, 464–487. doi:10.1598/RRQ.45.4.5
- Carlisle, J.F. & Feldman, L. (1995). Morphological awareness and early reading achievement. In L. Feldman (ed.), *Morphological aspects of language processing* (pp. 189–209). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carlisle, J.F. & Fleming, J. (2003). Lexical processing of morphologically complex words in the elementary years. *Scientific Studies of Reading*, 7, 239–253. doi:10.1207/S1532799XSSR0703_3
- Casalis, S., Colé, P. & Sopo, D. (2004). Morphological awareness in developmental dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 54, 114–138. doi:10.1007/s11881-004-0006-z
- Castles, A., Rastle, K. & Nation, K. (2018). Ending the reading wars: Reading acquisition from novice to expert. *Psychological Science in the Public Interest*, 19, 5–51. doi:10.1177/1529100618772271
- Cavalli, E., Duncan, L.G., Elbro, C., El Ahmadi, A. & Colé, P. (2017). Phonemic–Morphemic dissociation in university students with dyslexia: An index of reading compensation? *Annals of Dyslexia*, 67, 63–84. doi:10.1007/s11881-016-0138-y
- Deacon, S.H., Holliman, A.J., Dobson, G.J. & Harrison, E.C.J. (2018). Assessing direct contributions of morphological awareness and prosodic sensitivity to children's word reading and reading comprehension. *Scientific Studies of Reading*, 22, 527–534. doi:10.1080/10888438.2018.1483376
- Deacon, S.H. & Kirby, J.R. (2004). Morphological awareness: Just „more phonological“? The roles of morphological and phonological awareness in reading development. *Applied Psycholinguistics*, 25, 223–238. doi:10.1017/S0142716404001110
- Deacon, S.H., Parrila, R. & Kirby, J.R. (2008). A review of the evidence on morphological processing in dyslexics and poor readers: A strength or weakness. In G. Reid, A.J. Fawcett, F. Manis & L.S. Siegel (Eds.), *The Sage handbook of dyslexia* (pp. 212–238). London: Sage Publications.
- Deacon, S.H., Whalen, R. & Kirby, J.R. (2011). Do children see the danger in dangerous? Grade 4, 6, and 8 children's reading of morphologically complex words. *Applied Psycholinguistics*, 32, 467–481. doi:10.1017/S0142716411000166
- Dickmann, C., Flossmann, I., Klasen, R., Schrey-Dern, D., Stiller, U. & Tockuss, C. (1994). *Sprachsystematische Prüfverfahren (SSP)*. Stuttgart: Thieme.
- Elbro, C. & Arnbak, E. (1996). The role of morpheme recognition and morphological awareness in dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 46, 209–240. doi:10.1007/bf02648177
- Eriksson, M., Marschik, P.B., Tulviste, T., Almgren, M., Pérez Pereira, M., Wehberg, S. et al. (2012). Differences between girls and boys in emerging language skills: Evidence from 10 language communities. *British Journal of Developmental Psychology*, 30, 326–343. doi:10.1111/j.2044-835X.2011.02042.x
- Fink, A., Pucher, S., Reicher, A., Purgstaller, C. & Kargl, R. (2012). Entwicklung eines Tests zur Erfassung der morphematischen Bewusstheit. *Empirische Pädagogik*, 26, 423–451.
- Gallmann, P. & Sitta, H. (1996). *Handbuch Rechtschreiben*. Zürich: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.
- Goodman, R. (1997). The Strengths and Difficulties Questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 581–586. doi:10.1111/j.1469-7610.1997.tb01545.x
- Goodwin, A.P. & Ahn, S. (2013). A meta-analysis of morphological interventions in English: Effects on literacy outcomes for school-age children. *Scientific Studies of Reading*, 17, 257–285. doi:10.1080/10888438.2012.689791
- Grimm, H., Aktas, M. & Frevert, S. (2001). *Sprachentwicklungstest für drei- bis fünfjährige Kinder (SETK 3–5)*. Göttingen: Hogrefe.
- Grimm, H. & Schöler, H. (1998). *Heidelberger Sprachentwicklungstest (HSET)*. Göttingen: Hogrefe.
- Kirby, J.R., Deacon, S.H., Bowers, P.N., Izenberg, L., Wade-Woolley, L. & Parrila, R. (2012). Children's morphological awareness and reading ability. *Reading and Writing*, 25, 389–410. doi:10.1007/s11145-010-9276-5
- Ku, Y.-M. & Anderson, R.C. (2003). Development of morphological awareness in Chinese and English. *Reading and Writing*, 16, 399–422. doi:10.1023/A:1024227231216
- Landerl, K. & Reitsma, P. (2005). Phonological and morphological consistency in the acquisition of vowel duration spelling in Dutch and German. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92, 322–344. doi:10.1016/j.jecp.2005.04.005
- Landerl, K. & Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up. *Journal of Educational Psychology*, 100, 150–161. doi:10.1037/0022-0663.100.1.150
- Lyster, S.-A.H., Lervåg, A.O. & Hulme, C. (2016). Preschool morphological training produces long-term improvements in reading comprehension. *Reading and Writing*, 29, 1269–1288. doi:10.1007/s11145-016-9636-x
- MacWhinney, B. (1978). The acquisition of morphophonology. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 43, 1–123. doi:10.2307/1166047
- Mahony, D.L. (1994). Using sensitivity to word structure to explain variance in high school and college level reading ability. *Reading and Writing*, 6, 19–44. doi:10.1007/bf01027276
- Mann, V.A. (2000). Introduction to special issue on morphology and the acquisition of alphabetic writing systems. *Reading and Writing*, 12, 143–147. doi:10.1023/A:1008190908857
- Mayer, A. (2013). *Test zur Erfassung der phonologischen Bewusstheit und der Benennungsschwierigkeit (TEPHOBE). Manual*. München: Ernst Reinhardt Verlag.
- Moll, K. & Landerl, K. (2010). *Lese- und Rechtschreibtest (SLRT-II). Weiterentwicklung des Salzburger Lese- und Rechtschreibtests (SLRT)*. Bern: Huber.
- Moll, K., Loff, A. & Snowling, M.J. (2013). Cognitive endophenotypes of dyslexia. *Scientific Studies of Reading*, 17, 385–397. doi:10.1080/10888438.2012.736439
- Moll, K., Thompson, P.A., Mikulajova, M., Jagercikova, Z., Kucharska, A., Franke, H. et al. (2016). Precursors of reading difficulties in Czech and Slovak children at-risk of dyslexia. *Dyslexia*, 22, 120–136. doi:10.1002/dys.1526
- Muroya, N., Inoue, T., Hosokawa, M., Georgiou, G.K., Maekawa, H. & Parrila, R. (2017). The role of morphological awareness in word reading skills in Japanese: A within-language cross-orthographic perspective. *Scientific Studies of Reading*, 21, 449–462. doi:10.1080/10888438.2017.1323906
- Muse, A.E. (2005). *The Nature of Morphological Knowledge*. Retrieved from http://purl.flvc.org/fsu/fd/FSU_migr_etd-2161.
- Nagy, W.E., Berninger, V., Abbott, R., Vaughan, K. & Vermeulen, K. (2003). Relationship of morphology and other language skills to

- literacy skills in at-risk second-grade readers and at-risk fourth-grade writers. *Journal of Educational Psychology*, 95, 730–742. doi:10.1037/0022-0663.95.4.730
- Nagy, W.E., Carlisle, J.F. & Goodwin, A.P. (2014). Morphological knowledge and literacy acquisition. *Journal of Learning Disabilities*, 47, 3–12. doi:10.1177/0022219413509967
- Nunes, T., Bryant, P. & Bindman, M. (2006). The effects of learning to spell on children's awareness of morphology. *Reading and Writing*, 19, 767–787. doi:10.1007/s11145-006-9025-y
- Nunes, T., Bryant, P. & Olsson, J. (2003). Learning morphological and phonological spelling rules: An intervention study. *Scientific Studies of Reading*, 7, 289–307. doi:10.1207/S1532799XSSR0703_6
- Reichle, E.D. & Perfetti, C.A. (2003). Morphology in word identification: A word-experience model that accounts for morpheme frequency effects. *Scientific Studies of Reading*, 7, 219–237. doi:10.1207/S1532799XSSR0703_2
- Schneider, W. (2009). The development of reading and spelling: Relevant precursors, developmental changes, and individual differences. In W. Schneider & M. Bullock (Eds.), *Human development from early childhood to early adulthood. Findings from a 20 year longitudinal study* (pp. 199–220). New York: Psychology Press.
- Schneider, W., Blanke, I., Faust, V. & Küspert, P. (2011). *WLLP-R: Würzburger Leise Leseprobe – Revision. Ein Gruppentest für die Grundschule*. Göttingen: Hogrefe.
- Schroeder, S., Würzner, K.-M., Heister, J., Geyken, A. & Kliegl, R. (2015). childLex: A lexical database of German read by children. *Behavior Research Methods*, 47, 1085–1094. doi:10.3758/s13428-014-0528-1
- Seymour, P.H.K. (1997). Foundations of orthographic development. In C.A. Perfetti, L. Rieben, M. Fayol, C.A. Perfetti, L. Rieben et al. (Eds.), *Learning to spell: Research, theory, and practice across languages* (pp. 319–337). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Seymour, P.H.K., Aro, M. & Erskine, J.M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94, 143–174. doi:10.1348/000712603321661859
- Stern, W. & Stern, C. (1922). *Die Kindersprache. Eine psychologische und sprachtheoretische Untersuchung (Monographien über die seelische Entwicklung des Kindes, Bd. 1; 3. Aufl.)*. Leipzig: Barth.
- Thorpe, G.L. & Favia, A. (2012). Data analysis using item response theory methodology: An introduction to selected programs and applications. *Psychology Faculty Scholarship*, 20. Verfügbar unter https://digitalcommons.library.umaine.edu/psy_facpub/20
- Troost, J., Brunner, M. & Pröschel, U. (2004). Validität des Heidelberger Vorschulscreenings zur auditiv-kinästhetischen Wahrnehmung und Sprachverarbeitung. *Diagnostica*, 50, 193–201. doi:10.1026/0012-1924.50.4.193
- Voyer, D. & Voyer, S.D. (2014). Gender differences in scholastic achievement: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 140, 1174–1204. doi:10.1037/a0036620
- Wagner, R.K., Muse, A.E. & Tannenbaum, K.R. (Eds.). (2007). *Vocabulary acquisition: Implications for reading comprehension*. New York, NY: Guilford Press.
- Weiss, S., Grabner, R.H., Kargl, R., Purgstaller, C. & Fink, A. (2010). Behavioral and neurophysiological effects of morphological awareness training on spelling and reading. *Reading and Writing*, 23, 645–671. doi:10.1007/s11145-009-9177-7
- Wirtz, M.A. & Strohmmer, J. (Hrsg.). (2016). *Dorsch – Lexikon der Psychologie* (18. Aufl.). Bern: Huber.
- Wolter, J.A., Wood, A. & D'zatko, K.W. (2009). The influence of morphological awareness on the literacy development of first-grade children. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 40, 286–298. doi:10.1044/0161-1461(2009/08-0001)
- Zhang, D. (2013). Linguistic distance effect on cross-linguistic transfer of morphological awareness. *Applied Psycholinguistics*, 34, 917–942. doi:10.1017/S0142716412000070

Historie

Manuskript eingereicht: 01.09.2018

Nach Revision angenommen: 22.01.2019

Artikel online: 18.03.2019

Interessenkonflikte

Die Autoren haben keinen Interessenkonflikt.

Susanne Volkmer

Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie
Psychosomatik und Psychotherapie (Forschungsabteilung)
Klinikum der Universität München
Waltherstr. 23
80337 München
Deutschland

susanne.volkmer@med.uni-muenchen.de

ESM 1 – Tabelle. Morphologiescreening.

Name:

Klasse:

Datum:

Kind	In einer Klasse sind viele <div></div> <div></div> <div></div> .
Kuss	Die Prinzessin muss den Frosch <div></div> <div></div> <div></div> .
Gift	Die Schlange ist <div></div> <div></div> <div></div> .
Musik	Mein Onkel singt viel. Er ist ein <div></div> <div></div> <div></div> .

1. Durst	Es ist heiß und ich bin <input type="text"/>
2. Wunsch	Zu Weihnachten darf ich mir etwas <input type="text"/> .
3. Zeit	Viele Leute lesen sonntags in der <input type="text"/> .
4. Angst	Der kleine Hund ist noch sehr <input type="text"/> .
5. Arm	Für meine Arme hat der Pulli <input type="text"/> .
6. Sieg	Wenn wir spielen, möchte ich dich <input type="text"/> .
7. Kleid	Die Königin ist immer sehr gut <input type="text"/> .
8. Dreck	Der Boden ist sehr <input type="text"/>
9. Buch	Ich gehe in die <input type="text"/>

10. Ruhm	Der Schauspieler ist sehr <input type="text"/>
11. Kampf	Ich möchte nicht mit dir <input type="text"/>
12. Neid	Auf das schöne Fahrrad meines Freundes bin ich ein bisschen <input type="text"/>
13. Furcht	Ich muss mich vor der Spinne nicht <input type="text"/>
14. Raum	Ich muss mein Zimmer <input type="text"/>
15. Kunst	Mein Onkel malt viel. Er ist ein <input type="text"/>
16. Freund	Max und Moritz verbindet eine tiefe <input type="text"/>
17. Dank	Ich möchte mich bei dir <input type="text"/>
18. Kamm	Lisas Haar ist immer gut <input type="text"/>

19. Flug	Der Vogel hat zwei <input type="text"/>
20. Schluck	Wer zu schnell isst, kann sich leicht <input type="text"/>
21. Sport	Er spielt gut Tennis. Er ist ein <input type="text"/>

Instruktion Morphologiescreening

Du machst jetzt ein paar Rätselaufgaben.

Bitte blättere noch nicht um. Trage ganz oben deinen Namen, die Klasse und das heutige Datum ein.

Du musst jetzt ganz gut zuhören, damit du möglichst viele Rätselaufgaben richtig lösen kannst. Mach die Aufgaben für dich allein und ganz leise. Deine Lösung ist wie dein Geheimnis, also sag es nicht laut, wenn du die richtige Lösung weißt, sondern schreibe sie einfach hin.

Wenn du etwas falsch geschrieben hast, streichst du es einfach durch und schreibst es noch einmal daneben.

Denk auch an die ä-, ö- und ü-Striche und i-Punkte.

Bei den Rätselaufgaben steht am Anfang immer erst ein Wort. Dann kommt ein Satz, in dem ein Wort fehlt. Du sollst nun das Wort vom Anfang so verändern, dass es in den Satz passt. Das Wort muss dabei immer verändert werden. Ich lese dir das Wort und den Satz vor, hör gut dabei zu.

Schaue dir jetzt die Beispiele auf der ersten Seite an.

Wie musst du das Wort, das am Anfang steht, verändern, damit es in den Satz passt? Höre gut zu.

Kind **In einer Klasse sind viele ...**

In einer Klasse sind viele ...

Schreib das Wort, das an das Ende des Satzes passt, ganz heimlich auf und sprich dabei kein Wort. Alle anderen Kinder sollen nicht wissen, auf welche Lösung du gekommen bist.

(Herumschauen, ob es alle verstanden haben. Die Kinder loben, dass sie das Wort, ohne zu sprechen, aufgeschrieben haben. Ein Kind aufrufen)

Genau, der Satz muss heißen: „In einer Klasse sind viele Kinder.“ Du hast also aus dem Wort „Kind“ das Wort „Kinder“ gemacht, sodass es in den Satz passt.

Wie musst du das Wort, das am Anfang steht, verändern, damit es in den Satz passt?

Kuss **Die Prinzessin muss den Frosch ...**

Die Prinzessin muss den Frosch ...

Wie musst du das Wort, das am Anfang steht, verändern, damit es in den Satz passt?

Gift **Die Schlange ist ...**

Die Schlange ist ...

Wie musst du das Wort, das am Anfang steht, verändern, damit es in den Satz passt?

Musik **Mein Onkel singt viel. Er ist ein ...**

Mein Onkel singt viel. Er ist ein ...

Wie hast du das Wort verändert? Genau: „Er ist ein Musiker.“ Vom Sinn her würde zwar auch passen, dass er ein Sänger ist, weil er viel singt. In den Aufgaben geht es aber immer um das erste Wort. Sogar wenn ein anderes Wort auch passen könnte, sollst du immer das Wort verwenden, das am Anfang des Satzes steht, und es so verändern, dass es passt.

Hast du verstanden, wie man die Rätselaufgaben löst? Du kannst auch raten oder ein Rätsel überspringen. Es ist nicht schlimm, wenn du nicht alle Aufgaben löst. Wenn du etwas falsch geschrieben hast, streichst du es einfach durch und schreibst es noch einmal daneben.

Wenn du mit einem Satz fertig bist, legst du den Stift weg und wartest, bis ich den nächsten Satz vorlese. Wenn du ganz fertig bist, kannst du nochmal schauen, ob alle Wörter richtig sind und ob du auch keine i-Punkte oder ä-, ö- und ü-Striche vergessen hast. Wenn du dann noch Zeit hast, kannst du in das Kästchen auf der letzten Seite ein Bild reinmalen.

Ok, dann kannst du jetzt umblättern. Sei ganz leise. Wie musst du das Wort verändern, damit es in den Satz passt? Denk immer daran: **Schreib das Wort, das an das Ende des Satzes passt auf, ohne dabei zu sprechen.** Ich lese jetzt den ersten Satz vor.

Durst Es ist heiß und ich bin ...

 Es ist heiß und ich bin ...

(Wort, dann Satz jeweils 2x lesen. Bei Fragen: keine Hilfe/Hinweise. Betonen, dass es nicht schlimm ist, wenn nicht alle Aufgaben gelöst werden.)

ESM 2 – Tabelle. Itemschwierigkeit und Trennschärfe aller Items.

Wort	Itemschwierigkeit (% Richtige)	Trennschärfe
(Durst)	95.3	.259
(Wunsch)	94.8	.235
Zeit	87.2	.361
Angst	75.0	.295
Arm	61.0	.320
Sieg	45.3	.315
Kleid	66.9	.435
(Dreck)	96.5	.239
Buch	87.8	.326
Ruhm	34.3	.282
(Kampf)	91.3	.156
(Neid)	91.3	.203
Furcht	84.3	.296
Kunst	83.7	.415
Freund	70.9	.269
Dank	75.6	.465
Kamm	79.7	.534
Flug	89.0	.415
Schluck	79.1	.493
Sport	89.0	.291

Anmerkung. N = 172. Items in Klammer wurden ausgeschlossen.

STUDIE 3: Does the late positive component reflect successful reading acquisition? A longitudinal ERP study

Literaturangabe: Wachinger, C., Volkmer, S., Bublath, K., Bruder, J., Bartling, J., & Schulte-Körne, G. (2017). Does the late positive component reflect successful reading acquisition? A longitudinal ERP study. *Neuroimage Clinical*, 17, 232–240. doi:10.1016/j.nicl.2017.10.014

Angenommen am 11.10.2017

Online publiziert am 13.10.2017



Does the late positive component reflect successful reading acquisition? A longitudinal ERP study



Christian Wachinger*, Susanne Volkmer, Katharina Bublath, Jennifer Bruder, Jürgen Bartling, Gerd Schulte-Körne

Department of Child and Adolescent Psychiatry, Psychosomatics and Psychotherapy, Klinikum der Universität München, Ludwig Maximilian University Munich, Germany

ARTICLE INFO

Keywords:

Dyslexia
Event-related potentials
EEG
Brain development
Longitudinal

ABSTRACT

Developmental dyslexia is a reading disorder that is associated with deficits in phonological processing, where the exact neural basis for those processing deficits remains unclear. In particular, disagreement exists whether degraded phonological representations or an impaired access to the phonological representations causes these deficits. To investigate this question and to trace changes in neurophysiology during the process of reading acquisition, we designed a longitudinal study with event related potentials (ERPs) in children between kindergarten and second grade. We used an explicit word processing task to elicit the late positive component (LPC), which has been shown to reflect phonological processing. A brain-wide analysis of the LPC with an electrode-wise application of mixed effects models showed significantly attenuated amplitudes in the left temporo-parietal region in dyslexic children. Since these differences were only present in the word and not in the picture (i.e. control) condition, the attenuated amplitudes might reflect impaired access to the phonological representations of words. This was further confirmed by the longitudinal development, which showed a rapid increase in amplitude at the beginning of reading instruction and a decrease with continuing automatization, possibly pointing to a progression from grapheme-phoneme parsing to whole word reading. Our longitudinal study provides the first evidence that it is possible to detect neurophysiological differences in the LPC between children with dyslexia and control children in both preliterate and very early stages of reading acquisition, providing new insights about the neurophysiological development and a potential marker of later reading problems.

1. Introduction

Developmental dyslexia is one of the most common learning disorders, affecting 4–7.5% of all school age children (Fortes et al., 2016; Katusic et al., 2001; Landerl and Moll, 2010; Lewis et al., 1994). It is characterized by serious difficulties in learning to read and write in spite of sufficient cognitive ability and opportunity. Furthermore, the deficits are not the result of neurological, visual, or auditory impairment (APA, 2013). Numerous studies indicate that phonological processing deficits are a core deficit of impaired reading acquisition in dyslexia (Bradley and Bryant, 1983; Ramus et al., 2003; Torgesen et al., 1994; Vellutino et al., 2004). According to the phonological deficit theory, a specific deficit in dyslexia lies in the representation, storage and/or retrieval of speech sounds (Ramus et al., 2003). Brain imaging studies investigating auditory correlates of phonological processing in infants, kindergarten and school children learning to read further

support the phonological deficit in dyslexia (Bonte and Blomert, 2004; Guttorm et al., 2005; Maurer et al., 2003; Molfese et al., 2002). One explanation for the phonological deficit is that the phonological representations of words are degraded in people with dyslexia, i.e., weak, coarse, unspecified or they contain too many allophonic details¹ that are not relevant for distinguishing one word from another (Elbro, 1998; Goswami, 2015; Serniclaes and Sprenger-Charolles, 2003). An alternative explanation is that the phonological representations themselves are intact, but that the access to the representations in the phonological lexicon is impaired (Boets et al., 2013; Ramus, 2014; Ramus and Szenkovits, 2008). Consistent with the second assumption, Verhoeven et al. (2016) found that emerging literacy was primarily predicted by the accessibility of phonological representations in the mental lexicon and not by the specificity of those representations.

In neurophysiological studies with event-related potentials (ERP), phonological processing is primarily reflected in late components, in

Abbreviations: ERP, Event-related potentials; LPC, Late positive component

* Corresponding author at: Waltherstr. 23, 80337 München, Germany.

E-mail address: Christian.wachinger@med.uni-muenchen.de (C. Wachinger).

¹ Allophones are variants of a phoneme which do not change the meaning of a word.

contrast to early components that mainly reflect basic visual or auditory processing. Particularly the access to the phonological representations seems to be reflected by the late positive component (LPC) with a latency of 500–900 ms (Hasko et al., 2013). Furthermore, the LPC has been related to word and pseudoword learning (Bermúdez-Margaretto et al., 2015; Perfetti et al., 2005). Attenuated LPC amplitudes have been reported for adults (Rüsseler et al., 2003), adolescents (Schulte-Körne et al., 2004), and children (Hasko et al., 2013) with dyslexia, as well as for subjects with low reading skills (Balass et al., 2010; Perfetti et al., 2005).

Common to all of these previous studies of the LPC is that they have reported on the outcome in lieu of the process of reading acquisition, i.e., they measured the LPC at one time point in participants who already have a diagnosis of dyslexia. Yet, dyslexia is a disorder that is characterized by difficulties in the developmental process of learning to read. Findings on older children and adults with dyslexia may therefore identify neural correlates that describe both deficient and compensatory brain processes at the same time. The potential confounding effects of compensatory brain processes can be reduced by investigating children during an early reading acquisition phase, mainly before and in the first grades of school, which is critical for the origination of dyslexia. Investigating dyslexic children in that developmental phase would allow us to observe whether different brain functions exist already before the onset of reading instruction or when during initial reading acquisition these differences emerge. In addition, preliterate children at risk for dyslexia have been found to show altered brain processes as early as at kindergarten age and even few days after birth (Guttorm et al., 2005; Maurer et al., 2003) as a possible consequence of their genetic predisposition (Scerri and Schulte-Körne, 2010). Current studies about the LPC in dyslexia have reported results for children in second grade (Hasko et al., 2013) or older.

Given the key role of phonological processing deficits in dyslexia, we designed a longitudinal LPC study that starts before the beginning of reading instruction and covers the key period of reading acquisition. This offers a unique opportunity to study the neural changes induced by learning to read at an age when phonological and visual abilities are already well developed. We recruited children with high risk for developing dyslexia and acquired ERP data at five time points: in kindergarten (T1), in the middle of first grade (T2), at the end of first grade (T3), in the middle of second grade (T4), and at the end of second grade (T5). This design results in four measurements after the onset of reading instruction and one at a pre-literate stage. This longitudinal design is well suited to identify developmental neurophysiological processes because changes within the same children are observed over time and it controls for intervening variables such as research methods or subject-dependent factors (Kraemer et al., 2000).

To elicit ERP responses that reflect the access to the phonological lexicon, we chose a task that requires decoding of visually presented words. Children were first presented a written word and had to decide whether it matched with an acoustically presented word. As control task, a picture was presented instead of the word. In the word condition, the access to phonological representations mainly takes place via grapheme-phoneme-conversion, in the picture condition via semantic information (Valente et al., 2016). This difference allows for potentially disentangling whether the representations are degraded (deviant ERPs in both conditions) or whether the access is impaired (deviant ERPs only in the word condition).

Previous longitudinal ERP studies with preschool children (Maurer et al., 2005, 2007, 2006; Lyytinen et al., 2004; Plakas et al., 2013) have focused on basic visual or auditory processing reflected by earlier ERP components (around 100–200 ms). Consequently, the employed ERP tasks differ from our task, which was chosen to elucidate the potential origin of the phonological deficit. Maurer et al. (2005, 2007, 2006) used an implicit word processing task to investigate print sensitivity. Children were presented with two successive visual stimuli and had to decide whether the first stimulus matched the second one. The results

showed an impaired tuning for print in dyslexic children, measured by early ERP components. The Jyväskylä Longitudinal Study of Dyslexia (e.g. Lyytinen et al., 2004) and the Dutch Dyslexia Program (e.g., Plakas et al., 2013; Van Leuven et al., 2008) investigated the significance of auditory processing as an early predictor of dyslexia. They showed that auditory processing in young children (measured by the mismatch negativity and other ERP components) differentiates those at risk of dyslexia from control children and is a possible predictor of later reading skills (for a review, see Volkmer and Schulte-Körne, *in press*).

Since this is the first longitudinal study analyzing the LPC, we follow a data-driven, mass-univariate approach with an electrode-wise analysis. This allows for localizing the effect without the need to formulate regions of interest a priori. We expected to find attenuated LPC amplitudes in children with dyslexia compared to the control children. Furthermore, we expected these group differences to be smaller at kindergarten age and to become more pronounced with reading acquisition. We differentiate across- and within-subject variations with mixed effects models and correct for multiple comparisons. The results indicate a deviant access to the phonological representations in dyslexia during the process of reading acquisition displayed as an attenuation of the LPC in the left temporo-parietal region. Interestingly, these differences are already present at kindergarten and vanish at the second grade with the continuing automatization of reading.

2. Materials and methods

2.1. Participants

The sample was recruited by contacting parents of preschool children at parent-teacher conferences in elementary schools (at time of enrolment) and kindergartens in and around Munich, as well as from special schools for reading impaired children and the German Dyslexia and Dyscalculia Association (Bundesverband Legasthenie und Dyskalkulie e. V.). A particular challenge for implementing a longitudinal study on early predictors of dyslexia that starts before reading instruction is the recruitment, since it is not clear at the beginning of the study which participants will develop dyslexia. We included a large percentage (58%) of children with familial risk of dyslexia in the study with the expectation of having a higher number of dyslexia cases than the population average. Thus, two groups of children were recruited: Children with a familial risk of dyslexia (at least one parent or sibling with dyslexia or reading/writing difficulties) and children without such a risk (control group). In total, 86 monolingual kindergarten children were recruited. All parents signed an information consent form and completed a questionnaire regarding reading and spelling difficulties in their families.

Exclusion criteria were the following: Children who were already able to read simple monosyllabic words (nouns) in kindergarten ($n = 6$), exceeded the cut off score for ADHD (score > 7) ($n = 4$) or were unable to cooperate during any of the ERP recordings (e.g. did not fixate on the screen) ($n = 3$). At the end of second grade the sample consisted of 64 children (9 children dropped out). All subjects had normal hearing, and normal or corrected-to-normal vision.

2.2. Design and procedure

All participants were tested at five time points: in kindergarten (T1, mean age 6.2), in the middle of first grade (T2, mean age 6.9), at the end of first grade (T3, mean age 7.2), in the middle of second grade (T4, mean age 7.8), and at the end of second grade (T5, mean age 8.2). In Germany, children do not receive formal literacy instruction until they enter primary school at the age of six years. Some children may nevertheless have picked up elements of reading or are even able to decode words before entering primary school (Rückert et al., 2010; Rückert and Schulte-Körne, 2010; Sénéchal and LeFevre, 2002). Therefore, a non-standardized test of letter knowledge and a non-

standardized test of reading simple words were conducted with the kindergarten children. The letter knowledge test measured the number of all German letters known: Letters were presented individually one per card and the children had to name the letter. During the reading test the children had to read four monosyllabic nouns. If they were able to read one of the four words, they were not included in the study, as the first measurement point was intended to assess pre-(non-)reading children. Furthermore, a non-verbal intelligence test (Bulheller and Häcker, 2002), a questionnaire for Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) (Achenbach, 1991), and a handedness questionnaire (Schulte-Körne et al., 1998) were conducted in kindergarten.

Reading instruction in Germany is mainly phonics based. It starts when children enter primary school (at the age of six years), with the instruction of single letters and includes much practice at syllable level. It takes nearly till the end of first grade until children have learned all graphemes and corresponding phonemes. However, reading accuracy is already high at this time point and children merely improve in reading speed from then on (Landerl and Wimmer, 2008). Reading speed therefore differentiates well between good and poor readers with large deficits for children with dyslexia (Ferrer et al., 2015; Landerl and Wimmer, 2008). For this reason, we tested the children at the end of second grade (T5) with a standardized reading fluency test to diagnose dyslexia: The one-minute reading fluency test from the SLRT-II mainly assesses reading speed, but also takes into account the error rate (Moll and Landerl, 2010). Children were presented first a word and then a pseudoword list. Within 1 min, they read aloud as many words and pseudowords as they can. The number of correctly read words is the raw score of the test. At the end of second grade, when the test was conducted, the diagnosis of dyslexia is already highly reliable.

In accordance with the literature (Gallagher and Frith, 2000; Lyytinen et al., 2006; Schulte-Körne et al., 1996), we expected 50–70% of the at-risk children to develop reading difficulties. However, only 10% of the at-risk children showed later word and pseudoword reading fluency that fell in the range of our dyslexia diagnosis. Therefore, new groups were defined based on reading fluency at T5 and the familial risk was added as variable to our analyses. The dyslexia group consisted of 16 children, the control group of 15 children. Both groups had a mean non-verbal IQ within the normal range and did not differ in age. Furthermore, gender and handedness did not differ significantly between the groups, as shown in Table 1. The average letter knowledge in the control group is 15.8 ± 7.3 and in the dyslexia group 12.8 ± 6.4 , where the difference is not statistically significant.

2.3. Procedure

The ERP paradigm consists of a word processing task in the experimental condition and a picture processing task in the control condition, see Fig. 1 (left). Picture processing is thought to activate similar processes as word processing such as conceptualization, selection of a lexical item and phonological encoding (Levitt et al., 1998). The main difference between the picture and the word condition is that word reading requires the decoding of graphical and orthographical material, respectively. Thus, both conditions need to access phonological representations, although the way of access is different in the word condition as it comprises orthography.

In the word condition, the children were presented a word (3 s) on the screen followed by an auditory presentation (500–800 ms) of a word that either sounded like the presented visual stimulus (congruent) or did not sound like it (incongruent). Subjects had to decide if they thought the pair was congruent or incongruent and respond by button press. The picture condition was analogous to the word condition: children had to decide if the picture they saw was congruent with the subsequently spoken word (Bublath, 2010). Retrieving the phonological information of the visual input is necessary for the subsequent matching task. Kindergarten children were encouraged to imagine the sound of known letters in the presented word because they could not read yet.

Table 1
Descriptive statistics of participants.

	Whole sample	
N	64	
Handedness (r/l)	57/7	
Gender (m/f)	36/28	
Age T1	6.1 (0.4)	
IQ T1	108.3 (11.6)	
	Dyslexia	Control
n	16	15
Handedness (r/l)	15/1	12/3
Gender (m/f)	10/6	10/5
T1		
Age	6.2 (0.4)	6.2 (0.3)
IQ	108.8 (10.9)	107.4 (11.8)
Letter knowledge (T1)	12.8 (6.4)	15.8 (7.3)
T2		
Age	6.9 (0.4)	6.8 (0.3)
Word reading fluency**	8.2 (6.0)	15.1 (7.3)
Pseudoword reading fluency**	10.8 (6.0)	18.1 (5.8)
T3		
Age	7.2 (0.4)	7.2 (0.4)
Word reading fluency***	17.2 (8.7)	39.2 (11.6)
Pseudoword reading fluency***	15.2 (5.5)	28.2 (4.6)
T4		
Age	7.8 (0.3)	7.8 (0.3)
Word reading fluency***	25.8 (9.1)	56.4 (12.3)
Pseudoword reading fluency***	20.8 (4.8)	36.3 (8.7)
T5		
Age	8.2 (0.4)	8.2 (0.4)
Word reading fluency ***	28.1 (6.5)	67.1 (14.7)
Pseudoword reading fluency ***	18.7 (4.8)	38.3 (5.6)

Note. Standard deviations appear in parentheses.

** $p < 0.01$.

*** $p < 0.001$.

Children were given 5 s for their decision, during which a fixation cross was displayed. The next stimulus appeared immediately upon button press. In the case of no decision within the five allotted seconds, the next stimulus was presented. For each condition, 40 congruent and 18 incongruent items were presented, totaling 58 items. For both conditions, 116 visual stimuli and 116 auditory stimuli were presented per participant. The incongruent items were utilized to guarantee an interesting and varied task. The experiment was divided into eight blocks with alternating picture or word conditions to rule out block-order effects. All words and picture-names (4–5 letters long) were taken from the basic primary school vocabulary and from the basic vocabulary by Pregel and Rickheit (1987). This ensured a selection of word and picture material with a high probability of frequent verbal usage and visual contact by children in our age range. The words and pictures were presented on a 17-inch computer screen placed about 1 m in front of the children. Words were shown in capital letters of the font Arial with font size 75. The vertical angle was 2.3 degrees and the horizontal angle was 8.9 degrees in the word condition. In the picture condition the vertical and horizontal angles were both 11.5 degrees. Spoken words (female voice) were recorded with the computer program CoolEdit and were presented with Sennheiser PX200 headphones (~70 dBA). The duration of the whole experiment, including instructions and testing, was 30–40 min.

2.4. Data recording and analysis

EEG was recorded during the visual and the auditory stimulus presentation with an Electrical Geodesic Inc. 128-channel-system. The impedance was kept below 50 k Ω . EEG-data were recorded continuously with Cz as the reference electrode and sampled at 250 Hz.

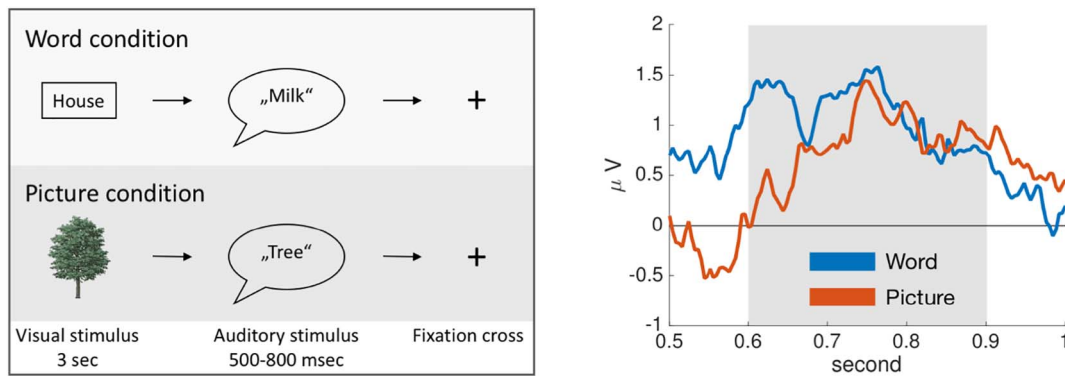


Fig. 1. Left: The ERP paradigm consists of a word and a picture processing task. Each task begins with a visual stimulus followed by an auditory stimulus. At the fixation cross the children decide whether it is a congruent or an incongruent pair. Right: Illustration of average EEG recordings in the control group for the word and picture condition. As a measure of the late positive component, we average the activity in the window from 600 to 900 msec.

Filtering (highpass 0.3 Hz, lowpass 30 Hz, phase-shift free Butterworth filters with 12 dB/octave, filtered continuous on raw data to avoid discontinuities and transient phenomena) and electrooculographic artifact removal with Independent Component Analysis (Zhou et al., 2005) was performed with Brainvision Analyzer (Brain Products GmbH). The EEG data was re-referenced to the average reference and segmented into epochs spanning 1100 ms intervals, where 100 ms are pre-stimulus and 1000 ms are post-stimulus. We included all 58 trials in the analysis, as at the time of the presentation of the visual stimuli congruent and incongruent do not differ. The further data analysis was performed in Matlab (MathWorks Inc.), where electrodes per trials were excluded according to the following three criteria: (i) gradient criterion: $> 50 \mu\text{V}$ difference between two successive data points or $> 150 \mu\text{V}$ in a 200 ms window, (ii) absolute amplitude criterion: more than $\pm 150 \mu\text{V}$, (iii) low activity criterion: $< 0.5 \mu\text{V}$ difference in a 100 ms window. For the word condition 4.85% of data was rejected and for the picture condition 4.72%. Finally, the data was baseline corrected and averaged per condition, time point, and subject.

Fig. 1 (right) illustrates the late positive component for the word and picture condition in control subjects. As the LPC does not show a clear peak, we computed the average amplitude in the window from 600 to 900 ms, according to the inspection of the global field power and the definition of the LPC time window in previous work (Hasko et al., 2013; Van Strien et al., 2011). The ERP waveforms in the left temporoparietal region for both conditions are shown in Supplementary Fig. 1 and for both groups in Supplementary Fig. 2. The topographic map of the late component for both conditions is plotted in Supplementary Fig. 3.

2.5. Statistical analysis

We employed linear mixed effects models (Verbeke and Molenberghs, 2009) to study the longitudinal development of the LPC that have, for instance, previously been applied to analyze longitudinal brain morphology (Wachinger et al., 2016). A separate model was fitted for each electrode, where we restricted the analysis to electrodes with a positive late component, resulting in 58 out of 129 electrodes. Negative components were mainly present in the right frontal and right inferior temporal regions, as seen in the topographic map, which are of no further interest to this study. Due to multiple comparisons, a correction for the false discovery rate (FDR) at $q = 0.05$ was used (Benjamini and Yekutieli, 2001). As ERP input to the model, we computed the difference between the word and picture condition of the LPC, where the LPC is defined as the average amplitude across trials in the 600–900 ms window. In the first model, we analyzed the longitudinal changes in the LPC during reading acquisition. Given the time-from-baseline X_{ij} for individual i at follow-up scan j and the LPC difference Y_{ij} as dependent variable, the resulting model is

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \beta_2 A_i + \beta_3 F_i + b_i, \quad (1)$$

where β_0, \dots, β_3 are fixed effects regression coefficients and b_i is a random effect regression coefficient. The random effect enables modeling individual-specific intercept. Next to the main effect, we include age A_i and familial risk F_i in the model and perform the analysis on children in the control group ($n = 15$).

In the second model, we analyzed the differences in the longitudinal development between the control ($n = 15$) and dyslexic ($n = 16$) group. We included the group D_i (control or dyslexia) together with interaction with the time-from-baseline to the model, yielding

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_2 X_{ij} + \beta_3 D_i X_{ij} + \beta_4 A_i + \beta_5 F_i + b_i, \quad (2)$$

where β_0, \dots, β_5 are fixed effects regression coefficients. The control group serves as reference category (baseline level) in the model. We performed an additional analysis with a variation of the second model, where we replaced the dichotomous group variable D_i with the number of correctly read words from the SLRT (continuous) in the model. This additional analysis was not restricted to the control and dyslexia groups, but involved all children ($n = 64$).

Overall, we had measurements for five time points from kindergarten to second grade, which reflected different stages of reading acquisition. We split the analysis in two time segments to have a more homogeneous development in each of the segments. The first segment, with time points 1 and 2, reflects the process of initial reading acquisition. The second segment, with time points 2 to 5, reflects increasing automatization in reading.

3. Results

3.1. Behavioral data

Next to the development in reading fluency, we studied group differences in the proportion of correctly answered trials. Table 2 reports the average number of correctly matched visual and auditory stimuli over 58 trials for all time points and both groups. In the picture condition, there were no group differences in any of the measurement points. In the word condition, the control group matched the written word significantly more often to the following auditory stimulus at T2 ($p = 0.037$) and T3 ($p < 0.001$) than the dyslexia group. At T1, T4 and T5, no group differences existed. The missing group differences at T4 and T5 were probably due to ceiling effects. The word material (identical across time points) became very easy in second grade and the response accuracy does therefore not differentiate between good and weak readers anymore. We measured no significant differences in reaction time between both groups. In the ERP analysis, trials with correct and incorrect answers were included.

Table 2

Mean and standard deviation for correct answers in the ERP task for all time points and both groups. For each condition, 58 trials were performed.

Condition	T1		T2		T3		T4		T5	
	Word	Pict.	Word*	Pict.	Word***	Pict.	Word	Pict.	Word	Pict.
Dyslexia	33.3 (9.5)	35.9 (6.6)	50.3 (6.2)	57.1 (0.7)	54.3 (3.1)	56.1 (2.2)	56.9 (1.6)	56.7 (1.0)	56.1 (1.4)	56.9 (1.3)
Control	37.5 (9.9)	36.8 (5.4)	55.3 (2.9)	56.7 (1.4)	56.7 (1.0)	56.5 (1.8)	56.3 (1.8)	56.8 (1.3)	56.2 (1.8)	56.3 (1.9)

Note. Standard deviations appear in parentheses.

* $p < 0.05$.

*** $p < 0.001$.

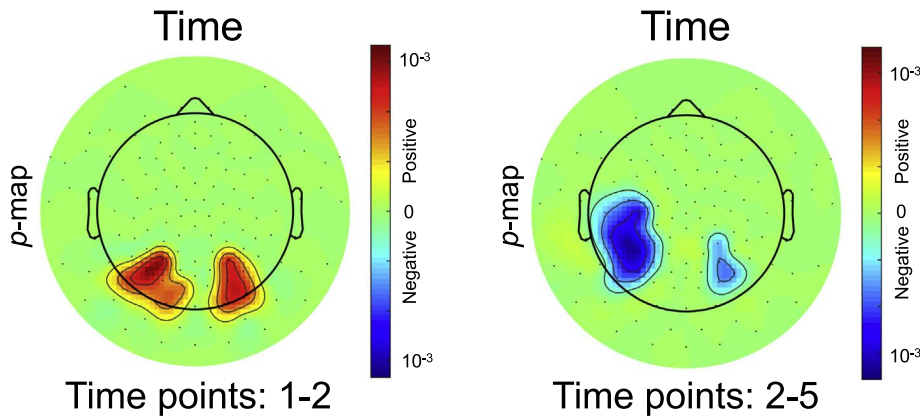


Fig. 2. P-maps of the *time* variable in the LME model for analyzing the LPC. Non-significant regions are shown in green. Significant regions with positive regression coefficients are illustrated in red and analogously regions with negative regression coefficients in blue. Colorbar shows FDR corrected p-values. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

3.2. Event related potentials

We first analyzed longitudinal changes in the LPC during normal reading development in controls with the model in Eq. (1). Fig. 2 illustrates the results as a topographic map of *p*-values for time points 1–2 and time points 2–5, where a separate LME model was computed for each electrode. Statistically significant regions after FDR correction are shown in red or blue, where more saturated colors indicate higher significance. To also encode the direction of the regression coefficient in the *p*-map, we indicate positive regression coefficients in red (i.e., an increase in amplitude with time) and analogously negative regression coefficients in blue. With the beginning of reading instruction, captured by time points 1 to 2, the amplitude increased. With continuing reading instruction, the amplitude decreased. The effect was present on both hemispheres in the occipito-parietal region and slightly more pronounced in the left hemisphere.

In the next analysis, we used the LME model in Eq. (2) to identify differences in LPC between control and dyslexic group during reading acquisition. Fig. 3 shows *p*-maps for the main effects *group* and *time* together with their interaction for time points 2 to 5, where the control group was encoded as baseline in the model. The dyslexic group had a lower amplitude than the control group, shown by the negative regression coefficients for the *group* variable. The negative regression coefficients for the *time* variable indicate a decrease of amplitude with reading instruction. The positive coefficients for the interaction *group* \times *time* indicate an opposite change with time for the dyslexic group. To summarize, the control group started with a higher amplitude, which decreased over time points; in contrast, the dyslexic group started with a lower amplitude, which increased over time points. The effect was mainly localized in the left temporo-parietal region. Supplementary Fig. 4 shows *p*-maps for the word and picture conditions separately, instead of the difference between both conditions. The LPC of the picture (control) condition did not show any significant effects, whereas the results of the word condition were consistent with the results of the difference between both conditions.

In Fig. 3, we also show the results for the variation of the second model, where the *group* variable was replaced with the number of

correctly read words (SLRT) and all children were included. The results were consistent with the group analysis. The negative coefficients for the interaction of *words* \times *time* indicated a decrease in amplitude for good readers, which started off with a higher amplitude as indicated by the positive effect of *words*. The effect of *time* is not significant after FDR correction although a positive effect was present at a less strict significance level of $p < 0.01$.

Consistently across both analyses, the strongest interactions were present at electrodes 46, 47, and 52, labeled in Fig. 3. Table 3 lists the exact characteristics of the LME model for these electrodes. The table reports uncorrected *p*-values, whereas corrected *p*-values are shown in the figures.

In a post-hoc analysis, we evaluated whether significant group differences in the left temporo-parietal region had already been present at kindergarten (first time point). We noted significant group differences for electrodes 47 ($-1.958, p < 0.05$), 51 ($-2.617, p < 0.05$), and 52 ($-2.494, p < 0.01$). A similar analysis with reading fluency instead of diagnostic group in the model also showed significant associations between LPC and correctly read words for electrodes 46 (0.015, $p < 0.05$), 47 (0.021, $p < 0.005$), 51 (0.016, $p < 0.05$), and 52 (0.021, $p < 0.005$).

To illustrate the impact of reading instruction on the LPC, we plot average ERP waveforms of the word condition for all five time points for both groups in Fig. 4. The illustration is for electrode 47, which showed the strongest effects in the previous analyses. For the control children, the ERP amplitude increased from the first to the second time point. Interestingly, the amplitude then decreased continuously from the second to the fifth time point. In contrast, the ERP signal for children with dyslexia did not show such a development but rather stayed at a similar level except for a decrease at the second time point.

Finally, Fig. 5 shows the average LPC for both, the picture and the word condition, across groups. For the controls in the word condition, the amplitude strongly increased from the first to the second time point and then decreased for the remaining time points. The strong amplitude difference between the control and dyslexic group at the second time point was consistent with the negative *group* regression coefficient of the LME model in Fig. 3. The amplitude decrease in the control group

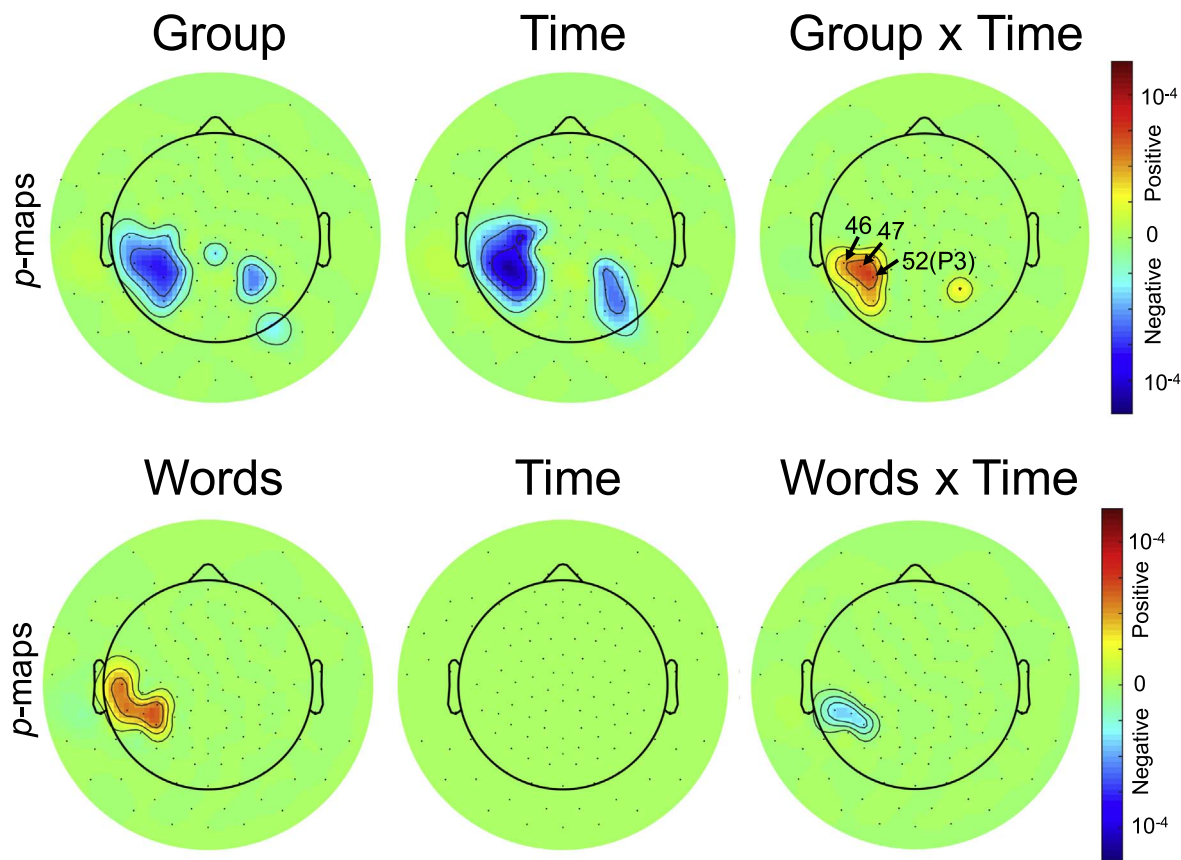


Fig. 3. P-maps of the main effects in the LME model for analyzing the LPC for time points 2 to 5. Results are shown for the LME model with the *group* variable (top) and the number of correctly read *words* (bottom). Non-significant regions are shown in green. Significant regions with positive regression coefficients are illustrated in red and analogously regions with negative regression coefficients in blue. Electrodes 46, 47, and 52 (P3) are labeled in the image. Colorbar shows FDR corrected *p*-values. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Table 3
Standardized regression coefficients for the LME model and un-corrected *p*-values in parentheses for three electrodes with largest effects. Results are shown for *group* × *time* and *words* × *time* models, which are an excerpt from the same results visualized in Fig. 3. *P*-values are rounded to four decimals places. Numbers are shown in bold face if they reach significance after FDR correction. Age and familial risk are not included in the table as they are not significant.

Electrode	Group	Time	Group × Time
47	− 1.796 (0.0000)	− 0.465 (0.0000)	0.533 (0.0000)
46	− 1.660 (0.0000)	− 0.395 (0.0000)	0.484 (0.0001)
52	− 1.723 (0.0000)	− 0.443 (0.0000)	0.528 (0.0000)

Electrode	Word	Time	Word × Time
47	0.031 (0.0002)	0.335 (0.0150)	− 0.010 (0.0004)
46	0.029 (0.0006)	0.351 (0.0120)	− 0.009 (0.0009)
52	0.027 (0.0009)	0.237 (0.0827)	− 0.008 (0.0022)

from time points 2 to 5 was consistent with the negative regression coefficient of the *time* variable. In contrast, the dyslexic group showed an increase in amplitude for time points 2 to 5, consistent with the positive *group* × *time* interaction in the model. The picture condition showed small amplitudes that are not significant.

4. Discussion

To our knowledge, this is the first longitudinal LPC study. The LPC is important for the process of reading, as it probably reflects the access to the phonological representations of words (Hasko et al., 2013). Our longitudinal design captures the critical phase of reading acquisition

with four time points in first and second grade. In addition, ERP data at kindergarten allows for assessing neurophysiological correlates before reading instruction. Children performed an explicit word processing task during the EEG acquisition, which is novel for a longitudinal ERP study. The primary aims of this study were to investigate neurophysiological changes during reading acquisition and alterations in the reading process for children with dyslexia.

Our results on non-dyslexic children in Fig. 2 showed an increase in amplitude of the LPC from the first to the second time point, i.e., from kindergarten to first grade. The effect was localized in the parietal region of the brain with a stronger effect on the left than on the right hemisphere. Such an increase in LPC amplitude has repeatedly been

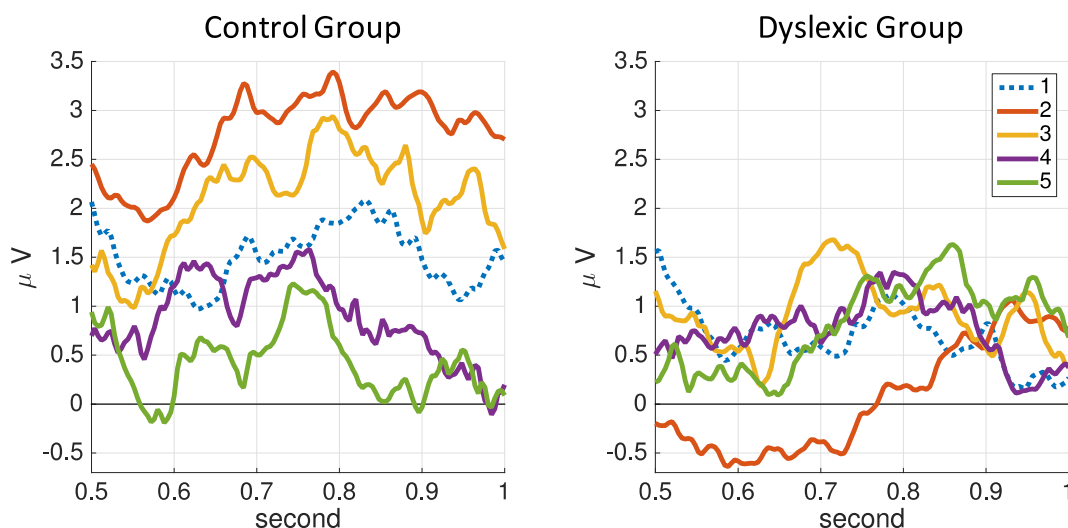


Fig. 4. ERP waveforms of the LPC for electrode 47 for all five time points. The lines show averages over the control group (left) and dyslexic group (right) for the word condition. Dotted blue line: kindergarten before the beginning of reading instruction (T1), orange: middle of 1st grade (T2), yellow: end of 1st grade (T3), purple: middle of 2nd grade (T4), green: end of 2nd grade (T5). (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

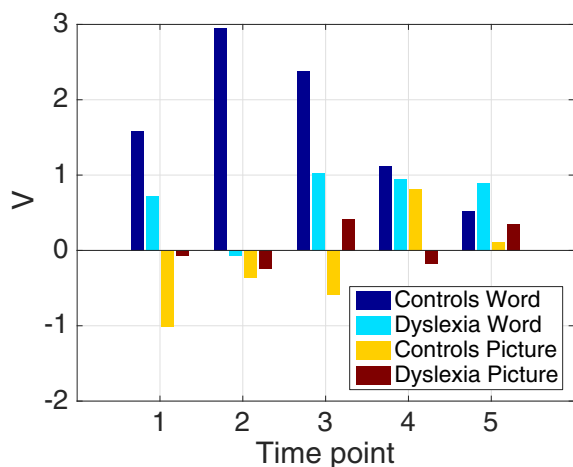


Fig. 5. Averages of the LPC in the 600–900 ms window as bar plots for both groups and conditions. Illustrated for all five time points for electrode 47.

found to be associated with word recognition accuracy: The more words children identified correctly, the higher the memory-effect, i.e., the increase in LPC amplitude for recently viewed and recognized words (Van Strien et al., 2011). Word learning has shown to be similarly correlated to an increase in LPC amplitude. Furthermore, skilled readers, who were more accurate in meaning judgements on recently trained words, showed a stronger memory effect than less skilled readers (Perfetti et al., 2005). Bermúdez-Margaretto et al. (2015) also found that repeated exposure to pseudowords increased the LPC amplitude of young adults (correlating with an increase in pseudoword reading speed and accuracy), until they reached the amplitude of words. The LPC may therefore be related to the formation and strengthening of memory traces for word-like material. The authors assumed that the memory traces involve sub-lexical units at the beginning of the task and representations of whole words at the end, and further that these traces involve phonological rather than visual representation. Although word (or pseudoword) learning experiments cannot be equated with the process of initial reading acquisition, the increase of the LPC amplitude seems to be associated with both.

From the second to the fifth time point, we noted a decrease in amplitude, which is consistent with a priori expectations that additional neural activity is required for learning to read and that the activity

decreases in the following with increasing automatization of the reading process. A similar decrease with ongoing repetition has been observed for familiarization with new words in young children: After an initial phase of increase in ERP amplitude, it decreased with further repetition, but only in children with a large productive vocabulary (Borgström et al., 2015; von Koss Torkildsen et al., 2009). This longitudinal development with an increase in activity at the beginning of reading instruction and a decrease with continuing automatization can possibly point to a progression from grapheme-phoneme parsing to whole word reading.

In contrast, the development of the LPC in the dyslexic group was significantly different. The dyslexic group exhibited a lower LPC amplitude in first grade, as shown by the negative coefficients of the *group* variable in Fig. 3 and Table 3. Further, the amplitude of the dyslexic group increased with time, while it decreased for the control group. The analysis with reading fluency in Fig. 3 confirmed the results from the group analysis. The previously described pattern during normal reading acquisition of increasing amplitude followed by a decrease with automatization was therefore not present in the dyslexic group. The group differences were primarily in the left temporo-parietal region. Altered activity in the left temporo-parietal regions on tasks of word reading have previously been reported in dyslexia (Temple et al., 2001; Simos et al., 2000b). It is associated with the mapping of graphemes of a visual word onto the phonological representation as it lies on the dorsal pathway that includes the angular and supramarginal gyri, and also the left posterior end of the superior temporal gyrus (Simos et al., 2000a). Interestingly, we did not find group differences in the picture control condition, although pictures also need to be mapped to phonological representations to complete the task. Yet, the access to the representations for both conditions is different: In the word condition the access mainly takes place via grapheme-phoneme-conversion, in the picture condition via semantic information (Valente et al., 2016). Our results therefore support the hypothesis of an impaired access to phonological representations in dyslexia (Boets et al., 2013; Ramus, 2014; Ramus and Szenkovits, 2008). The impaired access has been associated to differences in functional connectivity patterns between Broca's area and the left superior temporal gyrus together with structural connectivity differences in the left arcuate fasciculus. Our ERP results of the LPC provide an alternative view on the impaired access in dyslexia and, importantly, assess the LPC development during the process of reading instruction. The increase in activity in the control group together with the subsequent decrease with continued reading instruction points to

the creation of connections that become more and more automatized. In contrast, these connections may not be created by dyslexic children, causing a continued disruption in the access to phonological representations.

In our analysis, we did not follow the traditional approach of defining a region of interest in which the ERP activity is averaged. Instead, we computed linear mixed effect models for each electrode. This has the unique advantage of clearly showing the spatial extent of the effect without the need for a manual region definition, particularly interesting for high-resolution EEG systems with 128 channels. Compared to previous cross-sectional LPC studies where parietal (Schulte-Körne et al., 2004) or centro-parietal (Hasko et al., 2013) regions of interest have been identified, we observe the most significant group differences in the temporo-parietal region. A challenge for this data-driven, mass-univariate approach is that spurious effects could be detected due to multiple comparison. We applied a conservative correction for the false discovery rate (Benjamini and Yekutieli, 2001) and obtained highly significant effects, although we only had 15 and 16 children per group, respectively, which clearly speaks for the large difference in LPC between the groups.

We split the analysis into time points 1–2 and 2–5. From Fig. 5 it is evident that a linear model across all time points would not reflect the data. An alternative would be the increase of the model complexity by adding a squared time-from-baseline term X^2 . However, this would make the interpretation of the model more challenging. In addition, the data does not seem to follow a quadratic distribution either. We therefore split the data in acquisitions that reflect the change from kindergarten to the beginning of reading instruction, followed by continuing reading instruction.

Our results provide a better understanding of neurophysiological development during the process of reading acquisition reflected by the LPC and its deviation in dyslexia. The longitudinal development of the LPC and the localization of differences in the temporo-parietal region has not been described before. The described pattern might help in designing prevention programs for dyslexic children, as our results suggest that dyslexia is probably rather associated with an impaired access to the phonological lexicon instead of degraded representations in this lexicon. Moreover, by investigating children at very early reading stages it was possible to analyze LPC deficits that are not confounded with compensatory brain activities as suggested from studies with older subjects (Georgiewa et al., 1999; Shaywitz et al., 2002). Therefore, our longitudinal study provided the first evidence that it is possible to detect neurophysiological differences in the LPC between children with dyslexia and control children in both preliterate and very early stages of reading acquisition. The post-hoc analysis showed that differences in the access to the phonological lexicon between the control and dyslexia group already exist in kindergarten, where previous studies support the existence of a phonological lexicon before literacy acquisition (Ainsworth et al., 2016; Yeh et al., 2015). Thus, LPC attenuation in young children might be understood as an early candidate predictor of later reading problems, before the start of formal reading instruction.

Acknowledgements

We thank all the families for their participation in the study and Carolin Arnoldi for her support of the preservation of the longitudinal sample.

Funding

This work was in part supported by the Bundesministerium für Bildung und Forschung (grant number 01GJ0606); the Faculty of Medicine at LMU (FöFoLe); the Bavarian State Ministry of Education, Science and the Arts in the framework of the Centre Digitisation.Bavaria (ZD.B).

Appendix A. Supplementary data

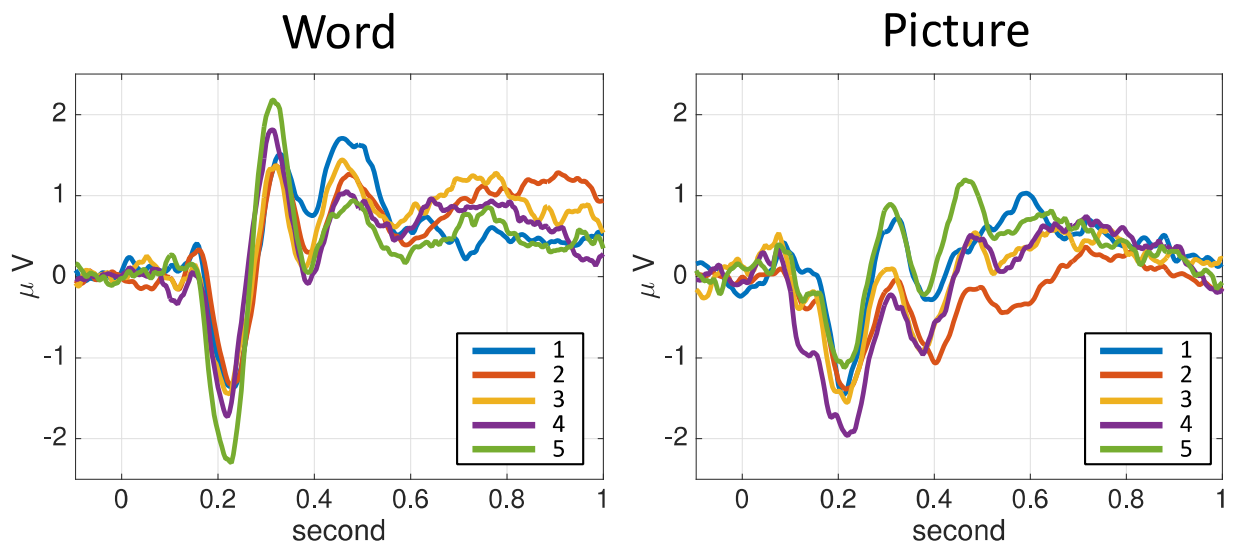
Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.10.014>.

References

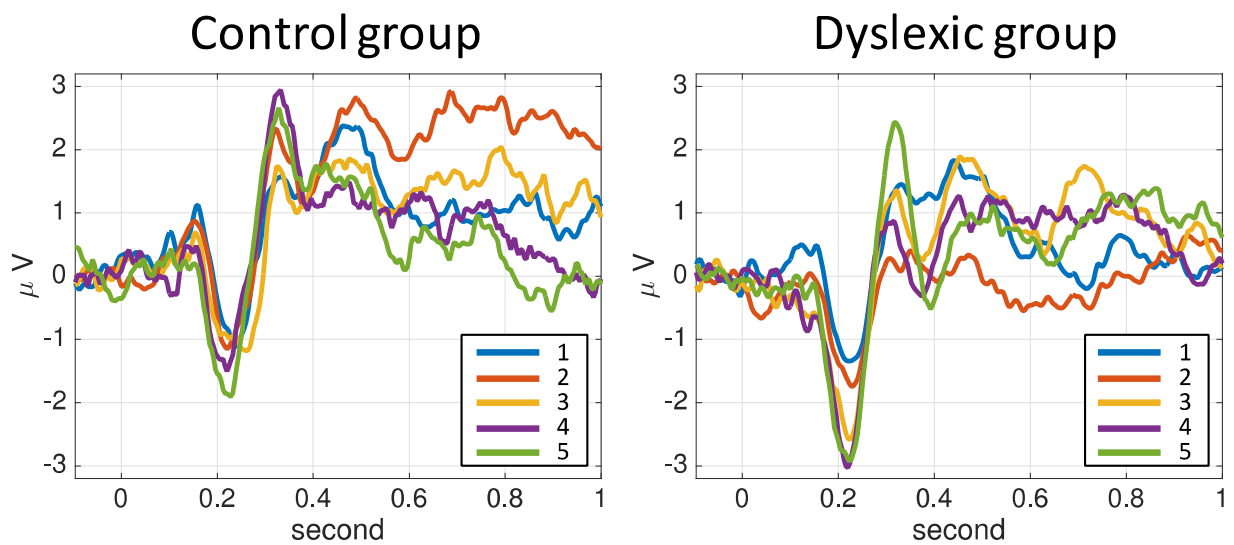
- Achenbach, T.M., 1991. Manual for the Child Behaviour Checklist/4–18 an 1991.
- Ainsworth, S., Welbourne, S., Hesketh, A., 2016. Lexical restructuring in preliterate children: evidence from novel measures of phonological representation. *Appl. Psycholinguist.* 37 (4), 997–1023. <http://dx.doi.org/10.1017/S0142716415000338>.
- APA, 2013. In: A. P. A. (Ed.), *Diagnostic and Statistical Manual of mental Disorders (DSM-5*)*. American Psychiatric Pub.
- Balass, M., Nelson, J.R., Perfetti, C.A., 2010. Word learning: an ERP investigation of word experience effects on recognition and word processing. *Contemp. Educ. Psychol.* 35 (2), 126–140.
- Benjamini, Y., Yekutieli, D., 2001. The control of the false discovery rate in multiple testing under dependency. *Ann. Stat.* 29 (4), 1165–1188.
- Bermúdez-Margaretto, B., Beltrán, D., Domínguez, A., Cuertos, F., 2015. Repeated exposure to ‘meaningless’ pseudowords modulates LPC, but not N(FN)400. *Brain Topogr.* 28 (6), 838–851. <http://dx.doi.org/10.1007/s10548-014-0403-5>.
- Boets, B., de Beeck, H.P.O., Vandermosten, M., Scott, S.K., Gillebert, C.R., Mantini, D., Ghesquière, P., 2013. Intact but less accessible phonetic representations in adults with dyslexia. *Science* 342 (6163), 1251–1254. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1244333>.
- Bonte, M.L., Blomert, L., 2004. Developmental dyslexia: ERP correlates of anomalous phonological processing during spoken word recognition. *Cogn. Brain Res.* 21 (3), 360–376.
- Borgström, K., von Koss Torkildsen, J., Lindgren, M., 2015. Substantial gains in word learning ability between 20 and 24 months: a longitudinal ERP study. *Brain Lang.* 149, 33–45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandl.2015.07.002>.
- Bradley, L., Bryant, P.E., 1983. Categorizing sounds and learning to read: a causal connection. *Nature* 301 (5899), 419–421.
- Bublath, K.A., 2010. Die ereign iskorrelierten Potentiale innerhalb der ersten 200 Millisekunden während einer expliziten Leseaufgabe. In: *Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität München*.
- Bulheller, S., Häcker, 2002. *Coloured Progressive Matrices (CPM) Frankfurt/M.: Pearson Assessment*.
- Elbro, C., 1998. When reading is “readn” or somthn. Distinctness of phonological representations of lexical items in normal and disabled readers. *Scand. J. Psychol.* 39 (3), 149–153.
- Ferrer, E., Shaywitz, B.A., Holahan, J.M., Marchione, K.E., Michaels, R., Shaywitz, S.E., 2015. Achievement gap in reading is present as early as first grade and persists through adolescence. *J. Pediatr.* 167 (5), 1121–1125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.07.045>. (e1122).
- Fortes, I.S., Paula, C.S., Oliveira, M.C., Bordin, I.A., de Jesus Mari, J., Rohde, L.A., 2016. A cross-sectional study to assess the prevalence of DSM-5 specific learning disorders in representative school samples from the second to sixth grade in Brazil. *Eur. Child Adolesc. Psychiatry* 25 (2), 195–207. <http://dx.doi.org/10.1007/s00787-015-0708-2>.
- Gallagher, A., Frith, U., 2000. Precursors of literacy delay among children at genetic risk of dyslexia. *J. Child Psychol. Psychiatry* 41 (2), 203.
- Georgiewa, P., Rzanny, R., Hopf, J.M., Knab, R., Glauche, V., Kaiser, W.A., Blanz, B., 1999. fMRI during word processing in dyslexic and normal reading children. *Neuroreport* 10 (16), 3459–3465.
- Goswami, U., 2015. Sensory theories of developmental dyslexia: three challenges for research. *Nat. Rev. Neurosci.* 16 (1), 43–54.
- Guttorm, T.K., Leppänen, P.H.T., Poikkeus, A.M., Eklund, K.M., Lyytinen, P., Lyytinen, H., 2005. Brain Event-Related Potentials (ERPs) measured at birth predict later language development in children with and without familial risk for dyslexia. *Cortex* 41 (3), 291–303.
- Hasko, S., Groth, K., Bruder, J., Bartling, J., Schulte-Körne, G., 2013. The time course of reading processes in children with and without dyslexia: an ERP study. *Front. Hum. Neurosci.* 7.
- Katusic, S.K., Colligan, R.C., Barbaresi, W.J., Schaid, D.J., Jacobsen, S.J., 2001. Incidence of reading disability in a population-based birth cohort. *Mayo Clin. Proc.* 76, 1081–1092.
- von Koss Torkildsen, J., Hansen, H.F., Svangstu, J.M., Smith, L., Simonsen, H.G., Moen, I., Lindgren, M., 2009. Brain dynamics of word familiarization in 20-month-olds: effects of productive vocabulary size. *Brain Lang.* 108 (2), 73–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandl.2008.09.005>.
- Kraemer, H.C., Yesavage, J.A., Taylor, J.L., Kupfer, D., 2000. How can we learn about developmental processes from cross-sectional studies, or can we? *Am. J. Psychiatry* 157, 163–171.
- Landerl, K., Moll, K., 2010. Comorbidity of learning disorders: prevalence and familial transmission. *J. Child Psychol. Psychiatry* 51 (3), 287–294. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02164.x>.
- Landerl, K., Wimmer, H., 2008. Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: an 8-year follow-up. *J. Educ. Psychol.* 100 (1), 150–161. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.100.1.150>.
- Levitt, W.J., Praamstra, P., Meyer, A.S., Helenius, P.I., Salmelin, R., 1998. An MEG study of picture naming. *J. Cogn. Neurosci.* 10 (5), 553–567.
- Lewis, C., Hitch, G.J., Walker, P., 1994. The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9- to 10-year old boys and girls. *Child Psychol.*

- Psychiatry 35 (2), 283–292. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.1994.tb01162.x>.
- Lyytinen, H., Ahonen, T., Eklund, K., Guttorm, T.K., Laakso, M.L., Leinonen, S., Lyytinen, H., Ahonen, T., Eklund, K., Guttorm, T., Kulju, P., Laakso, M.L., ... Viholainen, H., 2004. Early development of children at familial risk for dyslexia—follow-up from birth to school age. *Dyslexia* 10 (3), 146–178. <http://dx.doi.org/10.1002/dys.274>.
- Lyytinen, H., Erskine, J., Tolvanen, A., Torppa, M., Poikkeus, A.-M., Lyytinen, P., 2006. Trajectories of reading development: a follow-up from birth to school age of children with and without risk for dyslexia. *Merrill-Palmer Q.* 52, 514–546.
- Maurer, U., Bucher, K., Brem, S., Brandeis, D., 2003. Altered responses to tone and phoneme mismatch in kindergartners at familial dyslexia risk. *Neuroreport* 14 (17), 2245–2250.
- Maurer, U., Brem, S., Bucher, K., Brandeis, D., 2005. Emerging neurophysiological specialization for letter strings. *J. Cogn. Neurosci.* 17 (10), 1532–1552.
- Maurer, U., Brem, S., Kranz, F., Bucher, K., Benz, R., Halder, P., Steinhausen, H.C., Brandeis, D., 2006. Coarse neural tuning for print peaks when children learn to read. *NeuroImage* 33, 749–758.
- Maurer, U., Brem, S., Bucher, K., Kranz, F., Benz, R., Steinhausen, H.C., Brandeis, D., 2007. Impaired tuning of a fast occipito-temporal response for print in children with dyslexia learning to read. *Brain* 130, 3200–3210.
- Molfese, D.L., Molfese, V.J., Key, S., Modglin, A., Kelley, S., Terrell, S., 2002. Reading and cognitive abilities: longitudinal studies of brain and behavior changes in young children. *Ann. Dyslexia* 52, 99–119.
- Moll, K., Landerl, K., 2010. Lese- und Rechtschreibtest (SLRT-II). Weiterentwicklung des Salzburger Lese- und Rechtschreibtests (SLRT). (Reading and Spelling Test SLRT-II). Verlag Hans Huber, Bern.
- Perfetti, C.A., Wlotko, E.W., Hart, L.A., 2005. Word learning and individual differences in word learning reflected in event-related potentials. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* 31 (6), 1281–1292. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.31.6.1281>.
- Plakas, A., van Zuijlen, T., van Leeuwen, T., Thomson, J.M., van der Leij, A., 2013. Impaired non-speech auditory processing at a pre-reading age is a risk-factor for dyslexia but not a predictor: an ERP study. *Cortex* 49 (4), 1034–1045. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2012.02.013>.
- Pregel, D., Rickheit, G., 1987. Der Wortschatz im Grundschulalter. Georg Olms Verlag, Hildesheim, Zuerich, New York.
- Ramus, F., 2014. Neuroimaging sheds new light on the phonological deficit in dyslexia. *Trends Cogn. Sci.* 18 (6), 274–275. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2014.01.009>.
- Ramus, F., Szenkovits, G., 2008. What phonological deficit? *Q. J. Exp. Psychol.* 61 (1), 129–141.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S.C., Day, B.L., Castellote, J.M., White, S., Frith, U., 2003. Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain J. Neurol.* 126 (4), 841–865.
- Rückert, E.M., Schulte-Körne, G., 2010. Prävention von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten — Wirksamkeit eines Elterntrainings zur Vorbereitung auf den Schriftspracherwerb. *Z. Kinder Jugendpsychiatr. Psychother.* 38, 169–179.
- Rückert, E.M., Kunze, S., Schillert, M., Schulte-Körne, G., 2010. Prävention von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten — Effekte eines Eltern-Kind-Programms zur Vorbereitung auf den Schriftspracherwerb. *Kindheit und Entwicklung* 19, 82–89.
- Rüsseler, J., Probst, S., Johannes, S., Münte, T.F., 2003. Recognition memory for high-and low-frequency words in adult normal and dyslexic readers: an event-related brain potential study. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 25 (6), 815–829.
- Scerri, T., Schulte-Körne, G., 2010. Genetics of developmental dyslexia. *Eur. Child Adolesc. Psychiatry* 19 (3), 179–197.
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Müller, K., Gutenbrunner, C., Remschmidt, H., 1996. Familial aggregation of spelling disability. *J. Child Psychol. Psychiatry* 37 (7), 817–822.
- Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J., Remschmidt, H., 1998. Auditory processing and dyslexia: evidence for a specific speech processing deficit. *Neuroreport* 9 (2), 337–340.
- Schulte-Körne, G., Bartling, J., Deimel, W., Remschmidt, H., 2004. Motion-onset VEPs in dyslexia. Evidence for visual perceptual deficit. *Neuroreport* 15 (6), 1075–1078.
- Sénéchal, M., LeFevre, J.A., 2002. Parental involvement in the development of Children reading skill: a five-year longitudinal study. *Child Dev.* 73, 445–460.
- Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., 2003. Categorical perception of speech sounds and dyslexia. *Curr. Psychol. Lett. Behav. Brain Cogn.* 10 (1).
- Shaywitz, B.A., Shaywitz, S.E., Pugh, K.R., Mencl, W.E., Fulbright, R.K., Skudlarski, P., Constable, R.T., Marchione, K.E., Fletcher, J.M., Lyon, G.R., Gore, J.C., 2002. Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biol. Psychiatry* 52 (2), 101–110.
- Simos, P.G., Breier, J.I., Fletcher, J.M., et al., 2000a. Cerebral mechanisms involved in word reading in dyslexic children: a magnetic source imaging approach. *Cereb. Cortex* 10 (8), 809–816.
- Simos, P.G., Breier, J.I., Wheeler, J.W., et al., 2000b. Brain mechanisms for reading: the role of the superior temporal gyrus in word and pseudoword naming. *Neuroreport* 11 (11), 2443–2447.
- Temple, E., Poldrack, R.A., Salidis, J., et al., 2001. Disrupted neural responses to phonological and orthographic processing in dyslexic children: an fMRI study. *Neuroreport* 12 (2), 299–307.
- Torgesen, J.K., Wagner, R.K., Rashotte, C.A., 1994. Longitudinal studies of phonological processing and reading. *J. Learn. Disabil.* 27 (5), 276–286.
- Valente, A., Pinet, S., Alario, F.X., Laganaro, M., 2016. ‘When’ does picture naming take longer than word reading? *Front. Psychol.* 7.
- van Leeuwen, T., Been, P., van Herten, M., Zwarts, F., Maassen, B., van der Leij, A., 2008. Two-month-old infants at risk for dyslexia do not discriminate /bAk/ from /dAk/: A brain-mapping study. *J. Neurolinguistics* 21 (4). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneuroling.2007.07.004>.
- Van Strien, J.W., Glimmerveen, J.C., Franken, I.H.A., Martens, V.E.G., de Bruin, E.A., 2011. Age-related differences in brain electrical activity during extended continuous face recognition in younger children, older children and adults. *Dev. Sci.* 14 (5), 1107–1118. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01057.x>.
- Vellutino, F.R., Fletcher, J.M., Snowling, M.J., Scanlon, D.M., 2004. Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *J. Child Psychol. Psychiatry* 45 (1), 2–40.
- Verbeke, G., Molenberghs, G., 2009. Linear mixed models for longitudinal data. Springer Science & Business Media.
- Verhoeven, L., van Leeuwe, J., Irausquin, R., Segers, E., 2016. The unique role of lexical accessibility in predicting kindergarten emergent literacy. *Read. Writ.* 29 (4), 591–608. <http://dx.doi.org/10.1007/s11145-015-9614-8>.
- Volkmer, S., Schulte-Körne, G., 2017. Cortical responses to tone and phoneme mismatch as a predictor of dyslexia? A systematic review. *Schizophr. Res.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.schres.2017.07.010>. (in press).
- Wachinger, C., Salat, D., Weiner, M., Reuter, M., 2016. Whole-brain analysis reveals increased neuroanatomical asymmetries in dementia for hippocampus and amygdala. *Brain* 2016.
- Yeh, L.-L., Wells, B., Stackhouse, J., Szczerbinski, M., 2015. The development of phonological representations in Mandarin-speaking children: evidence from a longitudinal study of phonological awareness. *Clin. Linguist. Phon.* 29 (4), 266–275. <http://dx.doi.org/10.3109/02699206.2014.1003328>.
- Zhou, W., Zhou, J., Zhao, H., Ju, L., 2005. Removing eye movement and power line artifacts from the EEG based on ICA. In: Conference Proceedings IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 6. pp. 6017–6020.

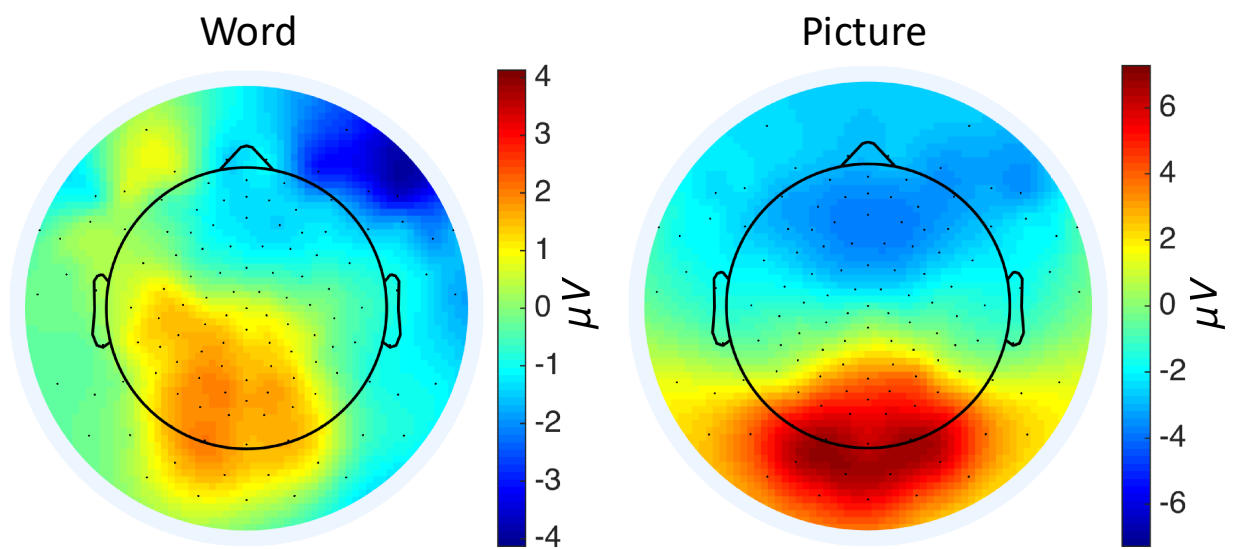
Supplementary Figure 1: ERP waveforms for all five time points averaged across all participants and electrodes in the left temporo-parietal region (46, 47, 50, 51, 52). Plots are shown for the word (left) and picture (right) condition.



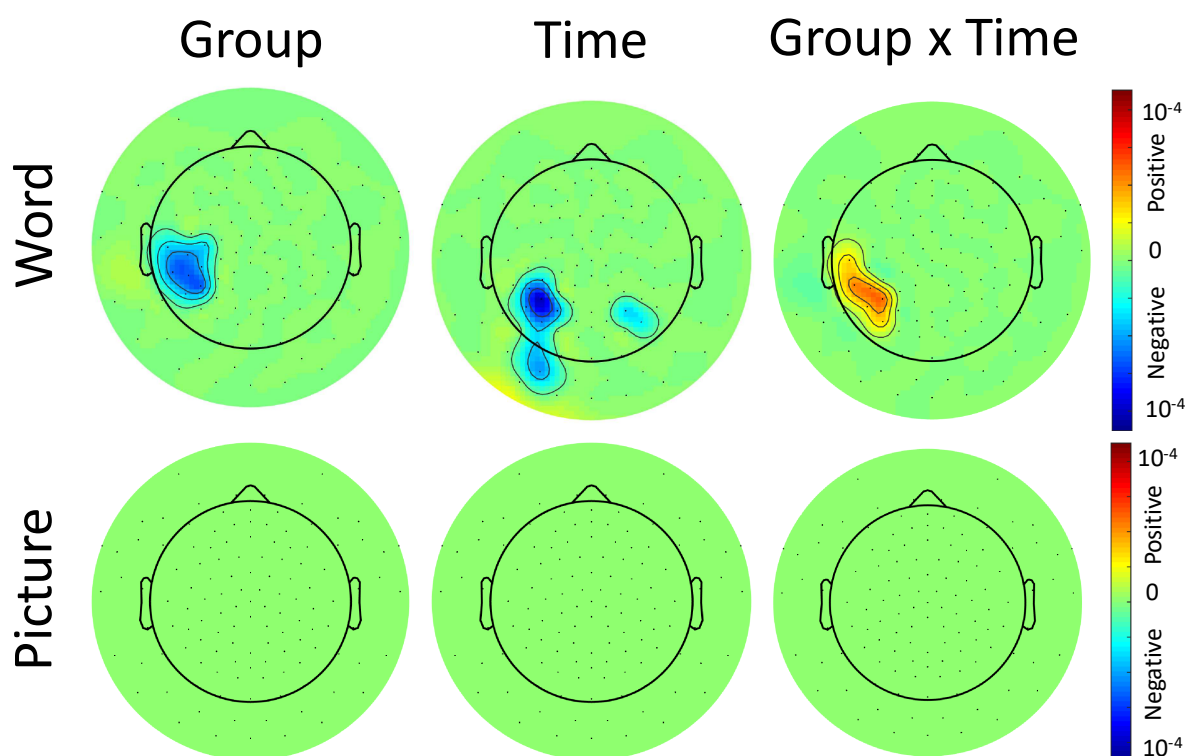
Supplementary Figure 2: ERP waveforms for all five time points averaged across electrodes in the left temporo-parietal region (46, 47, 50, 51, 52). The lines show averages over the control group (left) and dyslexic group (right) for the word condition.



Supplementary Figure 3: Topographic plot of the late component (average of 600-900 ms) for the word and picture condition. In this study, we are interested in the late positive component, so that we limit the analysis to positive regions of the word condition.



Supplementary Figure 4: P-maps of the main effects in the LME model for analyzing the LPC for time points 2 to 5. Results are shown for the LME model with the *group* variable. In contrast to Figure 3, where the results of the difference between the word and picture condition are shown, this figure shows the results for word (top) and picture (bottom) separately. Non-significant regions are shown in green. Significant regions with positive regression coefficients are illustrated in red and analogously regions with negative regression coefficients in blue. Colorbar shows FDR corrected p-values.



DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Schulte-Körne, der mich in den vergangenen vier Jahren meiner Promotionszeit stets unterstützt hat, mir dabei aber immer die Freiheit gelassen hat, selbst Entscheidungen zu treffen. Ganz herzlich möchte ich mich auch bei meiner Betreuerin Dr. Katharina Galuschka für die viele Zeit, Unterstützung und Hilfsbereitschaft bedanken. Außerdem danke ich meinen tollen Kolleginnen und Kollegen für den fachlichen und auch oft freundschaftlichen Beistand. Johanna Löchner, Ellen Greimel, Isabelle Kessler, Ruth Görgen, Sarolta Bakos und viele weitere Menschen haben die letzten Jahre, und damit auch dieses Projekt, sehr bereichert. Vielen Dank auch an die Studienassistentinnen für ihre wertvolle Hilfe und natürlich an alle Kinder, die an unseren Studien teilgenommen haben. Meinem Bruder Michael danke ich herzlich für das immer bereitwillige, gewissenhafte Korrekturlesen von oft sehr kurzfristig geschickten Texten. Zuletzt möchte ich mich von Herzen bei meinen Freunden und ganz besonders bei meiner Familie und meinem Mann bedanken, die mich immer bedingungslos unterstützt haben. Es ist auch als Erwachsene noch schön, wenn jemand stolz auf einen ist.

EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

Ich, Susanne Volkmer, erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Ebenen der Früherkennung von Schwierigkeiten im Schriftspracherwerb“

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 22.11.2019

Ort, Datum

Susanne Volkmer